

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068138

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl. H01M 8/06

C01B 3/24

C01B 3/56

(21)Application number : 11-243182 (71)Applicant : TOYOTA AUTOM LOOM WORKS LTD

(22)Date of filing : 30.08.1999 (72)Inventor : KANEHARA MASAHIKO
ISOGAI YOSHIHIRO

(54) HYDROGEN FEEDING SYSTEM FOR FUEL CELL, FUEL RECYCLE METHOD,
MOVABLE BODY FOR LIQUID TRANSPORTATION, OIL FEEDING FACILITY AND FUEL
RECYCLE SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a relatively small hydrogen feeding system for a fuel cell capable of feeding pure hydrogen to the fuel cell and hardly emitting carbonic acid gas causing a problem in global warming by using organic liquid fuel easy to handle.

SOLUTION: A hydrogen feeding system 2 of a fuel cell system FCS uses isopropyl alcohol(IPA) as a fuel. The IPA in an auxiliary tank 20 is divided into hydrogen and acetone in a dehydrogenating reactor 24 by dehydrogenating reaction. A balanced mixture of the IPA, acetone and hydrogen are produced in

a hydrogenating reactor 26 by the hydrogenating reaction of the acetone, and the IPA is liquefied and separated in the auxiliary tank 20 through a condenser 27. In addition, a vapor phase is sent to a gas-liquid separator 33 through a condenser 32, and the acetone and hydrogen are divided into gas and liquid in the gas-liquid separator 33. The hydrogen is fed to a fuel cell 1 through a hydrogen separation film 34. The acetone solution in the gas-liquid separator 33 is recovered and stored in a recovery chamber 14 of a fuel tank 10 by a pump 40.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 30.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3915334

[Date of registration] 16.02.2007

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any

damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A fuel liquid storage means to store the liquid fuel which consists of a hydrogen-containing organic system compound, While supplying the hydrogen separated from the fuel with a dehydrogenation means to make carry out dehydrogenation of the fuel taken out from said fuel liquid storage means, and to separate into hydrogen and an organic system resultant, and said dehydrogenation means to a fuel cell The hydrogen distribution system for fuel cells equipped with a vapor-liquid-separation means by which a liquid recovers the resultant after a dehydrogenation, and a recovery liquid storage means to store the recovery liquid which consists of a resultant collected by said vapor-liquid-separation means.

[Claim 2] It is the hydrogen distribution system for fuel cells constituted so that

said recovery liquid storage means may make the volume increase to the space where both said fuel liquid storage means and said recovery liquid storage means have volume adjustable structure in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 1, and said fuel liquid storage means decreased the volume by consumption of a fuel.

[Claim 3] In the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 2 said fuel liquid storage means and said recovery liquid storage means It has a common container and the movable batch prepared movable in this container. It is the hydrogen distribution system for fuel cells which moves autonomously so that loss in quantity of a fuel and increase in quantity of recovery liquid are constituted, respectively as a stockroom of two rooms divided into the both sides of this migration batch, and according [said movable batch] to consumption of a fuel may be made to balance.

[Claim 4] It is a hydrogen distribution system for fuel cells equipped with a combustion means to burn the recovery liquid which said recovery liquid is inflammability in the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 1-3, and was stored in said recovery liquid storage means as a heat source.

[Claim 5] It is the hydrogen distribution system for fuel cells which makes said dehydrogenation means the heat source of the endothermic reaction using the waste heat of said fuel cell in the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 1-4.

[Claim 6] It is the hydrogen distribution system for fuel cells which is equipped with at least one step of 1st chemical heat pump to which the temperature up of the waste heat of said fuel cell is carried out to the dehydrogenation temperature to which the dehydrogenation of said fuel progresses in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 5, and makes a heat source generation of heat to which the temperature up of said dehydrogenation means was carried out by this 1st chemical heat pump.

[Claim 7] The hydrogen distribution system for fuel cells which was equipped with a hydrogenation reaction means reproduce said fuel by the hydrogenation reaction of said resultant, in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 5 or 6, and is equipped with an exhaust-heat means exhaust generation of heat of said hydrogenation reaction means builds the 2nd chemical heat pump of the temperature-up mold which consists of a hydrogenation dehydrogenation system with said dehydrogenation means and

said hydrogenation reaction means, and constitute this 2nd chemical heat pump.

[Claim 8] The hydrogen distribution system for fuel cells equipped with the exhaust heat means for exhausting generation of heat of temperature up temperature by which the temperature up was carried out with at least one step of chemical heat pump for carrying out the temperature up of the waste heat of said fuel cell to any 1 term of claims 1-4 in the hydrogen distribution system for fuel cells of a publication, and said at least one step of chemical heat pump.

[Claim 9] It is the hydrogen distribution system for fuel cells which is the chemical heat pump of the hydrogenation dehydrogenation system which uses as an endothermic-reaction machine the dehydrogenation machine with which several many steps of said chemical heat pump are prepared in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 8, and one step constitutes said dehydrogenation means among those.

[Claim 10] The chemical heat pump which carries out the temperature up of the waste heat of said fuel cell to any 1 term of claims 6-9 in the hydrogen distribution system for fuel cells of a publication An endothermic-reaction means to use the hydrogen-containing organic system compound with which dehydrogenation progresses with the operating temperature of said fuel cell, It is

the hydrogen distribution system for fuel cells with which it has an exothermic reaction means to use the hydrogenation reaction of the resultant by the dehydrogenation in this endothermic-reaction means, and said endothermic-reaction means is built in said fuel cell.

[Claim 11] It is the hydrogen distribution system for fuel cells formed in one with the separator so that it may have the reaction path which supported the catalyst between the fuel electrode faces of a separator and air pole sides where said endothermic-reaction means constitutes said fuel cell in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 10.

[Claim 12] It is a hydrogen distribution system for fuel cells equipped with the generation-of-electrical-energy means which generates electricity by said exhaust heat means transforming the heat energy of exhaust heat into electrical energy in the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 7-11.

[Claim 13] It is a hydrogen distribution system for fuel cells equipped with the heat engine which drives said generation-of-electrical-energy means using the heat energy of exhaust heat in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 12, and the generator generated using a heat engine's power.

[Claim 14] It is the hydrogen distribution system for fuel cells said whose heat engine is a scrolling type expansion machine in the hydrogen distribution system for fuel cells according to claim 13.

[Claim 15] The hydrogen distribution system for fuel cells which is a hydrogen distribution system for fuel cells for mount, and is equipped with the remaining-heat operation control means which carries out remaining-heat operation of the chemical heat pump which stops the hydrogen supply to said fuel cell, and has said dehydrogenation means within limits of which energy balance consists in invention given in any 1 term of claims 7, 10-14 if transit termination of a car is detected.

[Claim 16] The recovery liquid conveyance process of carrying the recovery liquid collected from said recovery liquid storage means to constitute the hydrogen distribution system for fuel cells of a publication in any 1 term of claims 1-15 outside by the mobile for liquid conveyance, The fuel playback process which is made to carry out the hydrogenation reaction of the carried recovery liquid with a fuel playback means, and reproduces a fuel, The fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells equipped with the fuel conveyance process of carrying the reproduced fuel to the location which

can supply the fuel liquid storage means of the hydrogen distribution system for fuel cells by the mobile for liquid conveyance, at least.

[Claim 17] In the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells according to claim 16 In case said hydrogen distribution system for fuel cells is carried in the car by which a transit drive is carried out with the power of a fuel cell and this car supplies a fuel with oil, while refueling the fuel liquid storage means of a car, a fuel from the fuel liquid storage means of a facility for oiling Recovery liquid is collected from the recovery liquid storage means of a car to the recovery liquid storage means of a facility for oiling. The fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells which carries the recovery liquid collected from the recovery liquid storage means of said facility for oiling at said recovery liquid conveyance process for a fuel playback means, carries the reproduced fuel to a facility for oiling at said fuel conveyance process, and is supplied to the fuel liquid storage means.

[Claim 18] The tank for liquid conveyance which is the mobile for liquid conveyance used in the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells according to claim 16 or 17, and this mobile carries is a mobile for liquid conveyance equipped with the movable batch to which the

volume of both ** is autonomously changed according to volume change while dividing two rooms of the combustion chamber for storing a fuel, and the recovery room for storing recovery liquid.

[Claim 19] It is the facility for oiling equipped with the movable batch to which the volume of both ** is autonomously changed according to volume change while this tank divides two rooms of the combustion chamber for storing a fuel, and the recovery room for storing recovery liquid by being the facility for oiling used in the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells according to claim 17, and having a tank for storing a fuel and recovery liquid.

[Claim 20] Said fuel cell and the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 2-15, It is the mobile for liquid conveyance of the method which moves with the power of the electric actuator which carries the tank for liquid conveyance and uses the power of said fuel cell. Said tank for liquid conveyance It has the movable batch to which the volume of both ** is changed according to volume change while dividing two rooms of the combustion chamber for fuel conveyance, and the recovery room for recovery liquid conveyance. The mobile for liquid conveyance the combustion chamber and recovery room for the conveyance concerned are using also [mobile] said fuel

liquid storage means of said hydrogen distribution system for fuel cells carried in the mobile for liquid conveyance concerned, and said recovery liquid storage means, respectively.

[Claim 21] The car carrying said fuel cell and the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 1-15, A recovery-vehicle outside means to collect outside a vehicle the recovery liquid by which storage storage was carried out for a recovery liquid storage means within said car, The fuel recycle system equipped with a fuel playback means to reproduce again the recovery liquid collected by said recovery-vehicle outside means to a fuel by the hydrogenation reaction out of a vehicle, and a fuel oil supply means to supply the fuel reproduced by said fuel playback means to a car for the hydrogen distribution systems for fuel cells.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the fuel recycle approach, the mobile for liquid conveyance, facility for oiling, and fuel recycle system the hydrogen distribution system for fuel cells, and for the hydrogen distribution systems for fuel cells.

[0002]

[Description of the Prior Art] The fuel cell is adopted as a power source of an electric vehicle, in order that energy efficiency may tend to attain a

miniaturization highly. 100-degree-C order and since operating temperature is low temperature comparatively, especially a polymer electrolyte fuel cell has it as the power source and the home private electric generator of an automobile.

[practical] Since a fuel cell is a method which generates electricity by the electromotive reaction which generates water from hydrogen and oxygen, the hydrogen distribution system for supplying hydrogen is needed for a fuel cell.

[0003] Hydrocarbon compounds, such as the approach of carrying out pressurization storage of the hydrogen gas, the approach of using a hydrogen storing metal alloy, a method of storing liquid hydrogen in an insulated tank, methane, and a methanol, are reformed to a high pressure tank, and there is the approach of supplying hydrogen and the mixed gas of carbon dioxide gas etc. among the approaches of supplying hydrogen to a fuel cell.

[0004] When using a fuel cell as a power source of an automobile, it can be necessary to run mileage required of one-time refueling. Moreover, since mileage will become short if there is weight, as light the one of weight as possible is good. Moreover, since it is necessary to hold in a limited tooth space called a car, the volume also has constraint. Therefore, when a hydrogen distribution system is made into the scale which can supply only the hydrogen

which can run required mileage, the volume and weight serve as a technical problem.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in order to raise the generating efficiency of a fuel cell, the method which supplies pure hydrogen is said to be good. As a method which supplies pure hydrogen, there are a high pressure gas method, a liquid hydrogen method, a hydrogen storing metal alloy method, etc. However, the volume is large and, as for a high pressure gas method, mileage is not obtained. Moreover, in a liquid hydrogen method's having an evaporation loss, the energy which liquefaction takes is large and overall efficiency will fall. A hydrogen storing metal alloy method has the disadvantageous alloy weight of 50 times or more in respect of weight compared with other required methods to the amount of supply hydrogen.

[0006] Moreover, the technical problem of an infrastructure side also occurs. A high pressure gas method and hydrogen storing metal alloy method is also disadvantageous in respect of an infrastructure compared with the liquid fuel method which needed to fix the facility which supplies hydrogen gas and got used to handling. Although liquid hydrogen is liquid fuel, handling is still more

difficult because of very low temperature, and although automation of oil supply tackles, the technical problem of an infrastructure side is the largest.

[0007] From such a situation, the hydrogen distribution system which generates hydrogen is proposed by reforming of hydrocarbon compounds, such as current, a methanol, and a gasoline, and development is furthered. A fuel can also make the hydrogen supply approach by reforming of a hydrocarbon compound the liquid fuel method which got used to handling with the liquid of an organic compound. For example, there are steam reforming, partial oxidation reforming, and an autothermal method that combines these and doubles the heat balance as methanol-reforming method. A reaction formula is as follows.

[0008]

Steam reforming $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}_2$ Partial oxidation reforming $\text{CH}_3\text{OH} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{CO}_2$ is CO_2 . It is generated and is discharged by atmospheric air. That is, CO_2 which poses a problem by global warming in all the carbon in the hydrocarbon compound used as a fuel these days It discharges by carrying out. For this reason, it can be said that it is an unsuitable hydrogen distribution system from an environmental side.

[0009] Moreover, generating efficiency of a fuel cell is about 50%, and about

50% of remainder of energy serves as waste heat. A fuel cell needs to perform the exhaust heat efficiently so that an electrolyte membrane may not be invaded by heat of reaction, in order to use the solid-state polyelectrolyte film. The cooling system which pours cooling water to a fuel cell conventionally, and exhausts heat with a radiator was used. The fuel cell was cooled so that it might usually be maintained at the operating temperature of 100 degrees C or less, but since [that the temperature gradient of the temperature (for example, 60-80 degrees C) of the cooling water discharged from the fuel cell and the surrounding external-environment temperature (for example 30 degrees C) of a radiator was small] the heat dissipation effectiveness of a radiator was bad, the large large-sized radiator of a heat sinking plane product had to be installed. For this reason, there was a problem that a fuel cell system was enlarged with installation of a large-sized radiator.

[0010] It is made in order that this invention may solve said technical problem, and the 1st purpose uses the organic system liquid fuel which got used to handling, and is comparatively small, and it is in offering the hydrogen distribution system for fuel cells which hardly discharges the carbon dioxide gas which can moreover supply pure hydrogen to a fuel cell, and poses a problem by

global warming, and its fuel recycle system.

[0011] The 2nd purpose is by attaining the miniaturization of the cooling system of a fuel cell to realize the miniaturization of a fuel cell system.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the 1st purpose of the above invention according to claim 1 A fuel liquid storage means to store the liquid fuel which consists of a hydrogen-containing organic system compound in the hydrogen distribution system for fuel cells, While supplying the hydrogen separated from the fuel with a dehydrogenation means to make carry out dehydrogenation of the fuel taken out from said fuel liquid storage means, and to separate into hydrogen and an organic system resultant, and said dehydrogenation means to a fuel cell It has a vapor-liquid-separation means by which a liquid recovers the resultant after a dehydrogenation, and a recovery liquid storage means to store the recovery liquid which consists of a resultant collected by said vapor-liquid-separation means.

[0013] According to this configuration, the fuel taken out from the fuel liquid storage means is separated into hydrogen and a resultant by the dehydrogenation in a dehydrogenation means. A vapor-liquid-separation means

collects the resultants after dehydrogenation with a liquid while supplying the hydrogen separated from the fuel to a fuel cell. The recovery liquid which consists of a resultant is stored in a recovery liquid storage means.

[0014] Thus, since the resultant after the dehydrogenation of a fuel is recovered by the liquid, even if a fuel contains a carbon atom during the presentation, the carbon atom serves as a system which hardly discharges outside the carbon dioxide gas which is recovered by the liquid as a presentation of a resultant and becomes a problem by global warming. Therefore, it is environment-friendly, and since [for which carbon dioxide gas is hardly discharged] both a fuel and a resultant are moreover stored with a liquid, those storage volume is comparatively small and ends. Moreover, since a fuel and recovery liquid consist of the same organic system compound liquid as a gasoline, gas oil, etc. which got used to handling until now, it can consider as the organic system compound liquid method which got used to handling. For this reason, it becomes methods which are easy to deal with hydrogen gas and liquid hydrogen compared with the method dealt with as a fuel, such as other hydrogen supply systems (a high pressure gas method, a liquid hydrogen method, hydrogen storing metal alloy method, etc.) which can supply pure hydrogen. Moreover, by carrying out

cooling or expansion, even if a resultant is generated by dehydrogenation with a gas with hydrogen, since the vapor liquid separation of hydrogen is possible, recovery of a resultant tends to use generation gas as a resultant.

[0015] It is constituted so that both said fuel liquid storage means and said recovery liquid storage means may have volume adjustable structure in invention according to claim 1 in invention according to claim 2 and said recovery liquid storage means may make the volume increase by consumption of a fuel in the space where said fuel liquid storage means can do the volume by making it decrease.

[0016] According to this configuration, a recovery liquid storage means makes the volume increase to the space made by a fuel liquid storage means decreasing the volume by consumption of the fuel stored in the fuel liquid storage means by the increment in recovery liquid. For this reason, although it is the method which carries out storage storage of the recovery liquid, the storage volume required for storage of a fuel and recovery liquid becomes comparatively small.

[0017] Invention according to claim 3 is set to invention according to claim 2. Said fuel liquid storage means and said recovery liquid storage means It has a

common container and the movable batch prepared movable in this container, is constituted, respectively as a stockroom of two rooms divided into the both sides of this migration batch, and let it be a summary for said movable batch to move autonomously so that the loss in quantity of a fuel and the increase in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel may be made to balance.

[0018] According to this configuration, a fuel liquid storage means and a recovery liquid storage means are constituted, respectively as a stockroom of two rooms separated by the both sides of a movable batch in the common container, and a movable batch moves autonomously so that the loss in quantity of a fuel and the increase in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel may be made to balance.

[0019] In invention given in any 1 term of claims 1-3, said recovery liquid is inflammability and invention according to claim 4 is equipped with a combustion means to burn the recovery liquid stored in said recovery liquid storage means as a heat source.

[0020] According to this configuration, that heat of combustion that burned the inflammable recovery liquid stored in the recovery liquid storage means with the combustion means is used as a heat source. The heat of combustion by the

combustion means is used as a heat source of for example, a dehydrogenation machine, and is used as auxiliary heat sources at the time of low-temperature starting etc.

[0021] Let it be a summary for invention according to claim 5 to make said dehydrogenation means the heat source of the endothermic reaction using the waste heat of said fuel cell in invention given in any 1 term of claims 1-4.

[0022] According to this configuration, the waste heat of a fuel cell is used and it considers as the heat source of the dehydrogenation of the fuel which is endothermic reaction. While the exhaust heat effectiveness of a fuel cell is raised by endoergic [of dehydrogenation], the waste heat of a fuel cell is used effectively for the dehydrogenation of a fuel.

[0023] Invention according to claim 6 is equipped with at least one step of 1st chemical heat pump to which the temperature up of the waste heat of said fuel cell is carried out in invention according to claim 5 to the dehydrogenation temperature to which the dehydrogenation of said fuel progresses, and let it be a summary for said dehydrogenation means to make a heat source generation of heat by which the temperature up was carried out with this 1st chemical heat pump.

[0024] Since the temperature up of the waste heat of a fuel cell is carried out to dehydrogenation temperature by the 1st chemical heat pump formed at least one step even when using the fuel with which dehydrogenation progresses at dehydrogenation temperature higher than the operating temperature of a fuel cell according to this configuration, it becomes possible to use the waste heat of a fuel cell as a heat source of that dehydrogenation. Moreover, the exhaust heat effectiveness (cooling effect) of a fuel cell increases by endoergic [of the 1st chemical heat pump].

[0025] In order to attain the 2nd purpose invention according to claim 7 In invention according to claim 5 or 6, it has a hydrogenation reaction means to reproduce said fuel by the hydrogenation reaction of said resultant. The 2nd chemical heat pump of the temperature up mold which consists of a hydrogenation dehydrogenation system with said dehydrogenation means and said hydrogenation reaction means was built, and it has an exhaust heat means to exhaust generation of heat of said hydrogenation reaction means to constitute this 2nd chemical heat pump.

[0026] According to this configuration, a fuel is reproduced by the hydrogenation reaction of the resultant by the hydrogenation reaction means from a resultant.

By the 2nd chemical heat pump of the temperature up mold built by the dehydrogenation means and the hydrogenation reaction means, the temperature up of the waste heat of a fuel cell is carried out further. The heat by which the temperature up was carried out is exhausted by the exhaust heat means. Since it is exhausted after the temperature up of the waste heat of a fuel cell is carried out to high temperature, the exhaust heat effectiveness (cooling effectiveness) increases.

[0027] In order to attain the 2nd purpose, invention according to claim 8 is equipped with the exhaust heat means for exhausting generation of heat of temperature up temperature by which the temperature up was carried out with at least one step of chemical heat pump for carrying out the temperature up of the waste heat of said fuel cell to any 1 term of claims 1-4 in invention of a publication, and said at least one step of chemical heat pump.

[0028] According to this configuration, the temperature up of the waste heat of a fuel cell is carried out by at least one step of chemical heat pump, and that generation of heat of high temperature by which the temperature up was carried out is exhausted by the exhaust heat means. By exhausting heat at an elevated temperature, the exhaust heat effectiveness of an exhaust heat means becomes

high, and it becomes possible to miniaturize an exhaust heat means. For example, since refrigerants, such as cooling water which passes along a radiator, become an elevated temperature when an exhaust heat means is a radiator, the temperature gradient of the temperature and external-environment temperature of a radiator is large, and since exhaust heat effectiveness (heat dissipation effectiveness) becomes high, a radiator is small and comes to end.

[0029] Invention according to claim 9 makes it a summary for said chemical heat pump to be the chemical heat pump of the hydrogenation dehydrogenation system which uses as an endothermic-reaction machine the dehydrogenation machine with which several many steps are prepared and one step constitutes said dehydrogenation means among those in invention according to claim 8.

[0030] According to this configuration, it becomes possible to carry out the temperature up of the waste heat of a fuel cell to chemical heat pump using a dehydrogenation means. Moreover, a fuel is reproduced from a resultant by the hydrogenation reaction by the side of generation of heat of the chemical heat pump using a dehydrogenation means.

[0031] The chemical heat pump to which invention according to claim 10 carries out the temperature up of the waste heat of said fuel cell in invention given in any

1 term of claims 6-9 It has an endothermic-reaction means to use the hydrogen-containing organic system compound with which dehydrogenation progresses with the operating temperature of said fuel cell, and an exothermic reaction means to use the hydrogenation reaction of the resultant by the dehydrogenation in this endothermic-reaction means, and said endothermic-reaction means is built in said fuel cell.

[0032] According to this configuration, with the endothermic-reaction means built in the fuel cell, in order that dehydrogenation (endothermic reaction) may progress with the operating temperature of a fuel cell, the cooling effect of a fuel cell is heightened by endoergic [from a fuel cell / direct].

[0033] In invention according to claim 10, said dehydrogenation means is established for invention according to claim 11 in one with the separator so that it may have the reaction path which supported the catalyst between the fuel electrode faces of a separator and air pole sides which constitute said fuel cell.

[0034] Since according to this configuration the dehydrogenation means is established in one with the separator so that that reaction path may pass along between the fuel electrode face of a separator, and air pole sides, while being able to build in a fuel cell comparatively at a compact, the endothermic efficiency

from a fuel cell is also raised.

[0035] Invention according to claim 12 makes it a summary to equip said exhaust heat means with the generation-of-electrical-energy means which generates electricity by transforming the heat energy of exhaust heat into electrical energy in invention given in any 1 term of claims 7-11.

[0036] According to this configuration, the generation-of-electrical-energy means with which an exhaust heat means is equipped generates electricity by transforming the heat energy of exhaust heat into electrical energy. The generating efficiency of a fuel cell system increases by the increment in the amount of generations of electrical energy by the generation of electrical energy using exhaust heat.

[0037] Invention according to claim 13 is equipped with the heat engine which drives said generation-of-electrical-energy means using the heat energy of exhaust heat, and the generator generated using a heat engine's power in invention according to claim 12.

[0038] According to this configuration, a heat engine drives using the heat energy of exhaust heat, and it generates electricity with a generator using a heat engine's power. In invention according to claim 13, said heat engine makes it a

summary for invention according to claim 14 to be a scrolling type expansion machine.

[0039] According to this configuration, since a heat engine is a scrolling type expansion machine, high mechanical efficiency is acquired irrespective of the height of a rotational frequency. In invention given in any 1 term of claims 7, 10-14, invention according to claim 15 is a hydrogen distribution system for fuel cells for mount, if transit termination of a car is detected, stopped the hydrogen supply to said fuel cell, and is equipped with the remaining-heat operation control means which carries out remaining-heat operation of the chemical heat pump which has said dehydrogenation means within limits of which energy balance consists.

[0040] According to this configuration, if transit termination is detected, the hydrogen supply to a fuel cell will be stopped and remaining-heat operation of the chemical heat pump which has a dehydrogenation means will be carried out within limits of which energy balance consists. For this reason, with the configuration which hydrogen is generated using remaining heat and equipped with a generation-of-electrical-energy means, the generation of electrical energy using remaining heat is performed. Furthermore, a fuel is reproduced by the

hydrogenation reaction of a resultant. For this reason, generating efficiency increases.

[0041] Invention according to claim 16 is invention about the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells. The recovery liquid conveyance process of carrying the recovery liquid collected from said recovery liquid storage means to constitute the hydrogen distribution system for fuel cells of a publication in any 1 term of claims 1-15 outside by the mobile for liquid conveyance, It has the fuel playback process which is made to carry out the hydrogenation reaction of the carried recovery liquid with a fuel playback means, and reproduces a fuel, and the fuel conveyance process of carrying the reproduced fuel to the location which can supply the fuel liquid storage means of the hydrogen distribution system for fuel cells by the mobile for liquid conveyance, at least.

[0042] According to this configuration, at a recovery liquid conveyance process, the recovery liquid collected from a recovery liquid storage means to constitute the hydrogen distribution system for fuel cells outside is carried by the mobile for liquid conveyance. At a fuel playback process, the hydrogenation reaction of the carried recovery liquid is carried out with a fuel playback means, and a fuel is

reproduced. At a fuel conveyance process, the reproduced fuel is carried to the location which can supply the fuel liquid storage means of the hydrogen distribution system for fuel cells by the mobile for liquid conveyance. Recovery liquid is again reproduced by each process by the hydrogenation reaction at a fuel, and use with the hydrogen distribution system for fuel cells is presented with the reproduced fuel according to it. Moreover, if steam reforming etc. is adopted as the manufacture approach of the hydrogen used for fuel playback, carbon dioxide gas will come out, but if the approach of manufacturing hydrogen by the electrolysis of water is adopted, the configuration which does not discharge carbon dioxide gas at all in all the processes of fuel recycle is also possible.

[0043] Said hydrogen distribution system for fuel cells is carried in the car by which the transit drive of the invention according to claim 17 is carried out with the power of a fuel cell in invention according to claim 16. In case this car supplies a fuel with oil, while it refuels the fuel liquid storage means of a car, a fuel from the fuel liquid storage means of a facility for oiling Recovery liquid is collected from the recovery liquid storage means of a car to the recovery liquid storage means of a facility for oiling. Let it be a summary to carry the recovery

liquid collected from the recovery liquid storage means of said facility for oiling for a fuel playback means, to carry the reproduced fuel to a facility for oiling at said fuel conveyance process, and to supply the fuel liquid storage means at said recovery liquid conveyance process.

[0044] In case the car carrying the hydrogen distribution system for fuel cells supplies [according to this configuration] a fuel with oil in addition to an operation of invention of claim 16, while refueling the fuel liquid storage means of a car in a fuel from the fuel liquid storage means of a facility for oiling, recovery liquid is collected from the recovery liquid storage means of a car to the recovery liquid storage means of a facility for oiling. At a recovery liquid conveyance process, the recovery liquid collected from the recovery liquid storage means of a facility for oiling is carried by the fuel playback means, in a fuel conveyance process, the reproduced fuel is carried by the facility for oiling and the fuel liquid storage means is supplied.

[0045] Invention according to claim 18 is a mobile for liquid conveyance used in the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells according to claim 16 or 17, and the tank for liquid conveyance which this mobile carries is equipped with the movable batch to which the volume of both ** is

autonomously changed according to volume change while it divides two rooms of the combustion chamber for storing a fuel, and the recovery room for storing recovery liquid.

[0046] According to this configuration, by the tank for liquid conveyance which the mobile for liquid conveyance carries, while dividing two rooms of a combustion chamber for a movable batch to store a fuel and the recovery room for storing recovery liquid, it displaces autonomously so that the volume of both ** may be changed according to volume change. For this reason, it becomes small considering the volume which the tank for liquid conveyance should carry.

[0047] Invention according to claim 19 is a facility for oiling used in the fuel recycle approach for the hydrogen distribution systems for fuel cells according to claim 17, it had the tank for storing a fuel and recovery liquid, and this tank is equipped with the movable batch to which the volume of both ** is autonomously changed according to volume change while it divides two rooms of the combustion chamber for storing a fuel, and the recovery room for storing recovery liquid.

[0048] According to this configuration, by the tank which it has in order that a facility for oiling may store a fuel and recovery liquid, while dividing two rooms of

a combustion chamber for a movable batch to store a fuel and the recovery room for storing recovery liquid, it displaces autonomously so that the volume of both ** may be changed according to volume change. For this reason, it becomes small considering the volume which a tank should store.

[0049] Invention according to claim 20 Said fuel cell and the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 2-15, It is the mobile for liquid conveyance of the method which moves with the power of the electric actuator which carries the tank for liquid conveyance and uses the power of said fuel cell. Said tank for liquid conveyance It has the movable batch to which the volume of both ** is changed according to volume change while dividing two rooms of the combustion chamber for fuel conveyance, and the recovery room for recovery liquid conveyance. The combustion chamber and recovery room for the conveyance concerned are making said fuel liquid storage means of said hydrogen distribution system for fuel cells carried in the mobile for liquid conveyance concerned, and said recovery liquid storage means serve a double purpose, respectively.

[0050] According to this configuration, the mobile for liquid conveyance moves an electric actuator with the power which the fuel cell generated using the

hydrogen generated with the hydrogen distribution system for fuel cells which self carries, and carries the liquid stored in the tank for liquid conveyance. Two for liquid conveyance divided with the movable batch in the tank for liquid conveyance are made to serve a double purpose also as the fuel liquid storage means of the hydrogen distribution system for fuel cells, and a recovery liquid storage means, the fuel in the combustion chamber for conveyance is used also for hydrogen generation, and the resultants are collected at the recovery room for conveyance. Since the tank for liquid conveyance is made to serve a double purpose as a storage means for hydrogen generation, it becomes unnecessary thus, to form separately the tank only for [for fuel cells] hydrogen distribution systems. Moreover, since the capacity of two rooms in the tank for liquid conveyance changes with the variation rates of a movable batch, it becomes comparatively possible [the thing which divide the tank for liquid conveyance to two rooms and for which a fuel and recovery liquid are carried so much].

[0051] Invention according to claim 21 is set to the fuel recycle system for the hydrogen distribution systems for fuel cells. The car carrying said fuel cell and the hydrogen distribution system for fuel cells given in any 1 term of claims 1-15, A recovery-vehicle outside means to collect outside a vehicle the recovery liquid

by which storage storage was carried out for a recovery liquid storage means within said car, It has a fuel playback means to reproduce again the recovery liquid collected by said recovery-vehicle outside means to a fuel by the hydrogenation reaction out of a vehicle, and a fuel oil supply means to supply the fuel reproduced by said fuel playback means to a car.

[0052] According to this configuration, the fuel cell system carried in the car is equipped with the hydrogen distribution system for a fuel cell and fuel cells, and storage storage of the recovery liquid is carried out at the recovery liquid storage means in a car. The recovery liquid by which storage storage was carried out is collected out of a vehicle with a recovery-vehicle outside means by the recovery liquid storage means in a car, and a fuel is reproduced by carrying out a hydrogenation reaction by the fuel playback means out of a vehicle. And the reproduced fuel is refueled by the fuel liquid storage means of a car with a fuel oil supply means. Therefore, it becomes possible to build the fuel recycle system which hardly discharges carbon dioxide gas.

[0053]

[Embodiment of the Invention] (1st operation gestalt) The 1st operation gestalt which materialized this invention is hereafter explained according to drawing 1 -

[0054] The fuel cell system FCS is carried in cars, such as an automobile, as a power source, or is used for them as a home private electric generator. The fuel cell system FCS equips a fuel cell 1 and a fuel cell 1 with the hydrogen distribution system 2 for supplying hydrogen. The fuel cell 1 of this operation gestalt is a polymer electrolyte fuel cell. Two or more cells which consist of the fuel electrode and air pole which were divided by the polyelectrolyte film are built in. A generation of electrical energy is performed in a fuel cell 1 by the electromotive reaction through the electrolysis film of the hydrogen supplied to a fuel electrode, and the oxygen in the air supplied to an air pole. With this operation gestalt, illustration is omitted about the air supply system (air supply system). About the structure of a fuel cell 1, it mentions later.

[0055] As shown in drawing 2 , single cel 1a of a fuel cell 1 has the ribbed separator 3 of a pair, the electrodes 4 and 5 of the pair inserted among both the separators 3, and two electrodes 4 and the electrolyte membrane 6 inserted among five. The electrode of a pair consists of an anode electrode 4 with which the anode catalyst bed 8 was formed in porous support 7, and a cathode electrode 5 with which the cathode catalyst bed 9 was formed in porous support

7. A fuel (hydrogen) flows to an one direction through the slot on the anode electrode side face of a separator 3, and air flows in the direction which intersects perpendicularly with the flow path of a fuel through the slot on the cathode electrode side face of a separator 3. An anode side serves as a fuel electrode and a cathode side serves as an air pole. The operating temperature of a fuel cell 1 is about 80 degrees C.

[0056] Isopropyl alcohol (IPA) $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ as a hydrogen-containing organic system compound is used for the hydrogen distribution system 2 as a fuel, and it supplies the hydrogen obtained by the dehydrogenation of IPA which is a fuel to a fuel cell 1.

[0057] The dehydrogenation of IPA is shown by the degree type.
 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}(\text{liquid}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CO}(\text{mind}) + \text{H}_2(\text{mind}) - 100.4 \text{ kJ/mol}$ IPA is acetone $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ and hydrogen H_2 by dehydrogenation. It dissociates. This dehydrogenation is endothermic reaction which occurs with the reaction temperature of about 80 degrees C under catalyst existence.

[0058] Moreover, the hydrogenation reaction of the acetone which is a resultant is shown by the degree type.
 $(\text{CH}_3)_2\text{CO}(\text{mind}) + \text{H}_2(\text{mind}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHOH}(\text{liquid}) + \text{--}$ this hydrogenation

reaction is exothermic reaction which occurs with the reaction temperature of about 200 degrees C under catalyst existence 100.4 kJ/mol. IPA is reproduced by the hydrogenation reaction of an acetone.

[0059] The reaction mixture storage method which collects and keeps the acetone which is the dehydrogenation product of IPA is used for this operation gestalt. Moreover, the chemical heat pump of IPA / acetone / H₂ system using hydrogenation dehydrogenation was built, and the exhaust heat system which carries out the temperature up of the waste heat of a fuel cell 1 with chemical heat pump, and exhausts heat at an elevated temperature is adopted. In this chemical heat pump, the waste heat of a fuel cell 1 is used as a heat source of dehydrogenation. Moreover, this chemical heat pump serves as the fuel regeneration system which reproduces IPA by the hydrogenation reaction of an acetone. Since IPA and an acetone are the organic system compounds of a liquid in ordinary temperature, storage storage of them is carried out [in / both / this fuel cell system FCS] with a liquid.

[0060] As shown in drawing 1 , the hydrogen distribution system 2 is equipped with a fuel tank 10, the chemical-heat-pump system HP, the hydrogen segregate HS, and the fuel cell cooling system CS. A fuel liquid storage means and a

recovery liquid storage means are constituted by the fuel tank 10.

[0061] The acetone which is a resultant after the dehydrogenation of IPA and IPA used as a fuel is separated and stored in a fuel tank 10. That is, as shown in drawing 3 , when a fuel tank 10 contains the flexible type container 12 as a movable batch which divides the interior of a tank 11 to two rooms and the flexible type container 12 functions as a movable partition, the inside of a tank 11 is divided by two rooms of a combustion chamber 13 and the recovery room 14. The flexible type container 12 has the bellows structure which can be expanded and contracted in the volume adjustable. While an oil supply room and effluent opening (all are illustration abbreviations) are prepared in a tank 11 and IPA is supplied to a combustion chamber 13 from an oil supply port, the acetone of the recovery room 14 is discharged from effluent opening outside. The flexible type container 12 swells so that the consumption of a fuel and the amount of recovery of an acetone may be made to balance, and only in the part which IPA of a combustion chamber 13 was consumed and decreased, its volume of the recovery room 14 increases.

[0062] The combustion chamber 13 of a fuel tank 10 is connected to the auxiliary tank 20 through the duct 15. The IPA liquid of a combustion chamber 13 is sent

to an auxiliary tank 20 with the pump 16 formed on the duct 15. If the liquid level sensor 17 which detects the oil level of IPA is formed in an auxiliary tank 20 and an IPA oil level is less than a setting oil level based on the detecting signal of a liquid level sensor 17, a pump 16 will drive by the control section C1, and IPA liquid will be supplied to an auxiliary tank 20 from the combustion chamber 13 of a fuel tank 10.

[0063] The inlet port and outlet of the circulation duct 21 are connected to an auxiliary tank 20, and a pump 22, a heat exchanger 23, the dehydrogenation machine 24 as a dehydrogenation means, the heat exchanger 25, the hydrogenation reactor 26, and the condenser 27 are formed on the circulation duct 21. Catalyst support of the interior of the dehydrogenation machine 24 is carried out. For example, particle metal nickel, carbon support noble metals, a Raney nickel catalyst, HOU-ized nickel, etc. are used for a catalyst. Platinum, a ruthenium, a rhodium, palladium, etc. are used for the noble metals for carbon support precious metal catalysts. Dehydrogenation of IPA is performed by the dehydrogenation machine 24 at about 80 degrees C. Moreover, catalyst support also of the interior of the hydrogenation reactor 26 is carried out. A nickel catalyst (for example, particle nickel support activated carbon) is used for a

catalyst.

[0064] In the hydrogenation reactor 26, IPA, an acetone, and the balanced mixture of hydrogen are obtained by the acetone hydrogenation reaction (about 200 degrees C of exothermic reaction), and the sensible heat is used from the preheating of IPA by the heat exchanger 23 while it is used from the preheating of an acetone and the hydrogen mixture of gas by the heat exchanger 25.

[0065] A temperature sensor 28 is formed in the hydrogenation reactor 26, and the internal temperature of the hydrogenation reactor 26 is adjusted by hydrogenation reaction temperature (about 200 degrees C) according to heating / cooling operation of the heater 29 controlled by the control section C2 based on the detection temperature of a temperature sensor 28 and the cold blast machine 30. In addition, an exhaust heat means is constituted by the hydrogenation reactor 26 and the cold blast machine 30.

[0066] Where IPA (82 degrees C of boiling points) is liquefied with a condenser 27, IPA after an acetone hydrogenation reaction, an acetone, and the balanced mixture of hydrogen flow back to an auxiliary tank 20, while being lowered, when it passes along each heat exchangers 25 and 23. While the hydrogen and the acetone (g) which flowed back by the gaseous phase to the auxiliary tank 20 are

sent to the vapor-liquid-separation machine 33 through a duct 31, an acetone (56 degrees C of boiling points) is liquefied by the condenser 32 formed in the middle of on a duct 31, and acetone liquid is stored by the vapor-liquid-separation machine 33.

[0067] The hydrogen demarcation membrane (hydrogen permeable film) 34 is formed in the vapor-liquid-separation machine 33, and the hydrogen supply line 35 for discharging only the hydrogen which passed through the hydrogen demarcation membrane 34 among the gases sent into the vapor-liquid-separation machine 33 to a fuel cell 1 is connected to the vapor-liquid-separation machine 33 in the condition that it is open for free passage in the downstream room of the hydrogen demarcation membrane 34. On the hydrogen supply line 35, the reducing valve (variable aperture) 36 and the flow control valve (MFC (Mass Flow Controller)) 37 are formed. Here, a flow control valve (MFC) 37 has the flow rate detecting element which detects a flow rate, and the control valve section which feeds back the detected detection flow rate value, and controls opening. If a control section C3 judges that there is the need for a generation of electrical energy from power consumption, while a flow control valve 37 is opened, it will be controlled by the opening according to the

amount of demand generations of electrical energy, and hydrogen will be supplied to a fuel cell 1 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy. A reducing valve 36 decompresses the pressure of the hydrogen sent to a flow control valve 37 to a setting pressure. Moreover, duct 35a branches from the hydrogen supply line 35, and the tip of duct 35a is connected in the upstream of the hydrogenation reactor 26 of the circulation duct 21. A compressor CP 1 drives so that the internal pressure of the vapor-liquid-separation machine 33 may not exceed the set point by the control section C4 based on the detection value of a pressure sensor 38 which the compressor CP 1 was formed on duct 35a, and was prepared in the vapor-liquid-separation machine 33.

[0068] Moreover, the duct 39 for discharging acetone liquid in the vapor-liquid-separation vessel 33 is connected between the recovery rooms 14 of a fuel tank 10, and the pump 40 is formed on the duct 39. If the liquid level sensor 41 which detects the oil level of an acetone is formed in the vapor-liquid-separation machine 33 and an acetone oil level exceeds a setting oil level based on the detecting signal of a liquid level sensor 41, a pump 40 will drive by the control section C4, and the acetone liquid in the

vapor-liquid-separation machine 33 will be discharged by the recovery room 14.

In addition, a vapor-liquid-separation means consists of an auxiliary tank 20, condensers 27 and 32, a vapor-liquid-separation machine 33, and hydrogen demarcation membrane 34 grade.

[0069] Exhaust heat of the fuel cell cooling system CS which cools a fuel cell 1 is used for the heat source of the endothermic reaction which occurs inside the dehydrogenation machine 24. The duct 43 for cooling which makes the closed circuit of the path passing through the interior is connected to the fuel cell 1, and the pump 44 and the radiating pipe 45 are formed on the duct 43. A radiating pipe 45 constitutes the dehydrogenation machine 24 and the heat exchanger in which heat exchange is possible. The operating temperature of a fuel cell 1 is about 80 degrees C, and the heat of the cooling water (warm water) which flows a radiating pipe 45 is used for the temperature up of the dehydrogenation machine 24, and it is used as a heat source of the endothermic reaction which occurs inside the dehydrogenation machine 24. The internal temperature of the dehydrogenation machine 24 is adjusted by reaction temperature (about 80 degrees C) by the preheating of a heater 47 by controlling the heater 47 which the temperature sensor 46 for measuring the internal temperature of the

dehydrogenation machine 24 was formed, and was formed on the duct 43 for cooling based on the detection value of a temperature sensor 46 by the control section C5.

[0070] Before the fuel cell 1 has reached operating temperature in early stages of the start up of the fuel cell system FCS, the dehydrogenation machine 24 is warmed by the preheating at a heater 47, and heat is mainly told to the dehydrogenation machine 24 using the waste heat of a fuel cell 1 in the steady operation condition after a fuel cell 1 reaches operating temperature. Moreover, the exhaust heat effectiveness of a fuel cell 1 increases by taking efficiently the heat of the cooling water which flows a radiating pipe 45 by the endothermic reaction in the dehydrogenation machine 24. In addition, each control sections C1-C5 constitute in fact one control unit which controls the fuel cell system FCS.

[0071] The fuel cell system FCS constituted as mentioned above operates as follows. If it is judged that power consumption occurs, for example with a car or a home generator, and there is the need for a generation of electrical energy, it will be controlled by the opening according to the amount of demand generations of electrical energy equipped with the fuel cell system FCS while a flow control valve 37 is opened. Consequently, hydrogen is supplied to the fuel electrode of a

fuel cell 1 from the inside of the vapor-liquid-separation machine 33 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy, air is supplied to this and coincidence from air supply equipment at an air pole, and the generation of electrical energy by the electromotive reaction of hydrogen and oxygen is performed inside a fuel cell 1.

[0072] With the dehydrogenation vessel 24, dehydrogenation (endothermic reaction) of IPA is performed by making waste heat of a fuel cell 1 into a heat source, and hydrogen and an acetone are generated. The temperature up of the generation gas after dehydrogenation is carried out, it is made into about about 200 degrees C, and is sent to the hydrogenation reactor 26, and the balanced mixture of IPA, hydrogen, and an acetone is generated by the hydrogenation reaction here. Balanced mixture gas flows back to an auxiliary tank 20 through a condenser 27 while being cooled by each heat exchangers 25 and 23. In an auxiliary tank 20, while liquefaction separation of IPA is carried out, the hydrogen and acetone gas which were sent by the gaseous phase are sent to the vapor-liquid-separation machine 33 through a condenser 32 from a duct 31, and liquefaction separation of the acetone is carried out further here. The acetone liquid by which liquefaction separation was carried out is discharged by the

vapor-liquid-separation machine 33 with a pump 40, and it is collected at the recovery room 14 of a fuel tank 10. On the other hand, the hydrogen in the gas stored in the vapor-liquid-separation machine 33 penetrates the hydrogen demarcation membrane 34, and only pure hydrogen is sent to a fuel cell 1 through the hydrogen supply line 35.

[0073] The following effectiveness is acquired in this fuel cell system FCS.

(1) The pure hydrogen separated by the dehydrogenation of IPA which is a fuel is supplied to a fuel cell 1, and the acetone which is a resultant after a dehydrogenation is collected and kept in a fuel tank 10. In the case of the hydrogen distribution system of the steam-reforming method of a methanol, hydrogen and a carbon dioxide are supplied to a fuel cell, and discharge a carbon dioxide by the environment, but according to this operation gestalt, the fuel cell system FCS which does not discharge the carbon dioxide leading to an environmental problem can be offered. Moreover, since pure hydrogen is supplied to a fuel cell 1, generating efficiency can be raised compared with the system which supplies the mixed gas of a carbon dioxide and hydrogen.

[0074] Moreover, since a fuel and recovery liquid consist of a liquid of the same organic system compound as a gasoline, gas oil, etc. which got used to handling

until now, it can consider as the organic system compound liquid method which is easy to deal with it also in the cases, such as oil supply. For this reason, since it is necessary to deal with neither hydrogen gas nor liquid hydrogen as a fuel compared with the well-known hydrogen supply system which can supply pure hydrogen, for example, a high pressure gas method, a liquid hydrogen method, a hydrogen storing metal alloy method, etc., it becomes the hydrogen supply system which a fuel tends to deal with. Moreover, since it can dissociate with hydrogen comparatively easily when cooling or expansion carries out generation gas, recovery of a resultant tends to carry out the resultant which is a liquid in ordinary temperature.

[0075] (2) There are a hydrogen storing metal alloy method, a liquid hydrogen storage method, and a high-pressure hydrogen storage method in a pure hydrogen supply system conventionally. For example, since there is no heavy lift like a hydrogen storing metal alloy compared with a hydrogen storing metal alloy method, it can be made a lightweight system. Moreover, compared with a liquid hydrogen storage method, an energy loss can offer the advantageous fuel cell system FCS in respect of handling ease and infrastructure development few tops. Since the tank volume can furthermore be sharply miniaturized compared

with a high-pressure hydrogen storage method, the compact fuel cell system FCS can be offered. That is, compared with the conventional pure hydrogen distribution system, the fuel cell system FCS it can be moderately satisfied with synthetic evaluation of the system about weight, the volume, handling nature, an infrastructure development side, an energy loss side, etc. can be offered.

[0076] (3) For example, although it is necessary to consider as a system with the hydrogen serviceability which can secure need mileage (for example, 400km) when it carries the fuel cell system FCS in a car, the volume and weight required for a system in this case end small relatively. Therefore, it is practical as a fuel cell system FCS for mount.

[0077] (4) the acetone which is recovery liquid is stored in the partition **** recovery room 14 by the movable partition which consists of a flexible type container 12 in a fuel tank 10, and the loss in quantity of a fuel and the increase in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel are made to balance -- as -- the inside of a fuel tank 10 -- autonomous adjustment of the two volume [13 or 14] is carried out. Consequently, although it is the system of the recovery liquid storage method which keeps an acetone, since the tank volume of a fuel tank 10 is effectively utilized as a storage space of recovery liquid, the tank volume

required for a system can be finished small relatively. The volume effect of a system is large also from this point, and it contributes to the miniaturization of the fuel cell system FCS.

[0078] (5) The system passing through the circulation duct 21 which has the dehydrogenation machine (endothermic-reaction machine) 24 and the hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 26 constitutes the chemical heat pump HP of a hydrogenation dehydrogenation system, and the waste heat of a fuel cell 1 is exhausted after a temperature up is carried out to about 200 degrees C by this chemical heat pump HP. That is, since the temperature gradient of the temperature of the hydrogenation reactor 26 which functions as a radiator and circumference external-environment temperature of about 200 degrees C (for example, 30-50 degrees C) is large, cooling effectiveness in case the hydrogenation reactor 26 is cooled by the cold blast machine 30 becomes high. Consequently, compared with the radiator which exhausts the cooling water temperature of about 80 degrees C for cooling a fuel cell in the conventional technique, a radiator part is small and ends. Therefore, in the conventional fuel cell system, since the radiator part which caused the enlargement becomes small, it becomes the small fuel cell system FCS.

[0079] (6) Although a resultant (acetone) uses the hydrogen demarcation membrane 34 in order to remove the resultant of a minute amount from the gas after vapor liquid separation, since molecular weight is large compared with hydrogen, compared with separating hydrogen and CO like methanol steam reforming which is the conventional method, the thing of the big film quality of the material of a transparency hole can be used as a hydrogen demarcation membrane 34. Consequently, since the hydrogen permeation flow rate per unit area of the hydrogen demarcation membrane 34 can be made [many] and surface area of the hydrogen demarcation membrane 34 can be made small, it becomes easy to attain the miniaturization of the hydrogen demarcation membrane 34.

[0080] (7) Since IPA which is a fuel is reproduced by the acetone hydrogenation reaction by the hydrogenation reactor 26, hydrogen can be used effectively and the amount of generations of electrical energy per fuel unit can be raised. For example, when using it as a fuel cell system FCS for mount, the mileage per fuel unit can be extended or it can contribute to the miniaturization of a system.

[0081] (2nd operation gestalt) The 2nd operation gestalt which materialized this invention is hereafter explained according to drawing 4 - drawing 7 . The fuel

with which the cooling system of a fuel cell 1 and the hydrogen distribution system 2 constitute and use the fuel cell system FCS of this operation gestalt differs from said 1st operation gestalt. Chemical heat pump is adopted as the cooling system of a fuel cell 1, and the method which cools a fuel cell 1 by endoergic [of chemical heat pump] is adopted. IPA / acetone / H₂ which has endothermic-reaction temperature in the operating temperature of about 80 degrees C of the fuel cell 1 which especially adopts the chemical heat pump of the fluidic system using the organic chemistry matter which causes endothermic reaction with the operating temperature of a fuel cell 1, among those chooses the chemical heat pump of a hydrogenation dehydrogenation system, and is used by this example The chemical heat pump of a system (only henceforth IPA / acetone system) is adopted.

[0082] Dehydrogenation can be advanced to the hydrogen-containing organic system compound used as a fuel for carrying out separation generation of the hydrogen on the other hand as a heat source using generation of heat (exhaust heat) of the chemical heat pump of a fuel cell cooling system, and the organic system chemical which can moreover build the chemical heat pump of a hydrogenation dehydrogenation system is used for it. In this example, cooling

system chemical heat pump is the chemical heat pump of IPA / acetone system, and since that exoergic temperature is about 200 degrees C, a cyclohexane is used as a fuel among the organic system chemicals which cause dehydrogenation (endothermic reaction) at this temperature. And it is a cyclohexane / benzene / H₂ to a hydrogen generation system-of-reaction part. The chemical heat pump of a system (only henceforth a cyclohexane/benzenoid) is built. It is mentioned that there are many generation mols of the hydrogen obtained by per one mol of fuels as other reasons for adopting a cyclohexane as a fuel.

[0083] Two steps of heat pump systems are built for the chemical heat pump of IPA / acetone system, and the chemical heat pump of a cyclohexane/benzenoid as low temperature side chemical heat pump and elevated-temperature side chemical heat pump, respectively. That is, generation of heat of low temperature side chemical heat pump and endoergic [of elevated-temperature side chemical heat pump] are connected possible [heat exchange], the temperature up of the exhaust heat temperature of the low temperature side chemical heat pump used for cooling of a fuel cell 1 is further carried out with elevated-temperature side chemical heat pump, and it is made to exhaust heat by high temperature more.

[0084] The classification of the generation-of-electrical-energy method of the object and fuel cell for which the fuel cell system FCS is used is the same as that of said 1st operation gestalt. That is, the fuel cell system FCS is used as the power source for cars, or a home private electric generator, and a fuel cell 1 is a polymer electrolyte fuel cell. As shown in drawing 4 , the fuel cell system FCS equips a fuel cell 1 and a fuel cell 1 with the hydrogen distribution system 2 for supplying hydrogen. In addition, illustration is omitted about the air supply system (air supply system) of a fuel cell 1.

[0085] The fuel cell cooling system CS first has the pump 52 formed on the tank 50, the circulation duct 51 which goes via the interior of a fuel cell 1 while an inlet port and an outlet are connected to a tank 50, and the circulation duct 51, a heat exchanger 53, the dehydrogenation machine (endothermic-reaction machine) 54, a heat exchanger 55, the hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 56, and a condenser 57. The dehydrogenation machine 54 as an endothermic-reaction means is built in the fuel cell 1. The fuel cell cooling system CS constitutes the chemical heat pump HP1 of IPA / acetone system, and the basic circuitry of it is the same as that of the chemical heat pump of IPA / acetone system in said 1st operation gestalt. Moreover, the same is said of the

catalyst which can be used for the dehydrogenation machine 54 and the hydrogenation reactor 56. In addition, the 1st chemical heat pump is constituted by chemical heat pump HP1.

[0086] A temperature sensor 58 is formed in a fuel cell 1, and after a fuel cell 1 becomes operating temperature, based on the detection value of a temperature sensor 58, a pump 52 is driven by the control section C6. Moreover, a temperature sensor 59 is formed in the hydrogenation reactor 56, a heater 60 is controlled by the control section C7 based on the detection value of a temperature sensor 59, and the internal temperature of the hydrogenation reactor 56 is adjusted by hydrogenation reaction temperature (about 200 degrees C).

[0087] As concrete structure which builds the dehydrogenation machine 54 in a fuel cell 1, a separator 3 can be divided into two components by the side of a fuel and air, and a method can really which forms the reaction path of the dehydrogenation machine 54 directly on the junction interface of the pinching method which puts the dehydrogenation machine 54 among both components, and two components which constitute a separator 3 be adopted.

[0088] Drawing 5 shows the structure with a group of the dehydrogenation

machine 54 of the pinching method built in the fuel cell 1. A fuel cell 1 takes the structure where the laminating of the cel which consists of a separator 3, electrodes 4 and 5, and an electrolyte membrane 6 was carried out to the multilayer (see drawing 2), and takes the structure where the dehydrogenation machine 54 was pinched between two separator components 3a and 3b which divided the separator 3 into two components by the side of a fuel and air.

[0089] The tube type cooling plate shown in drawing 6 is used for the dehydrogenation machine 54. As shown in drawing 6 , a cooling plate 61 consists of a press-forming article it is unrefined from metals, such as aluminum, and the tube 63 of a path which moves in a zigzag direction is fabricated inside the substrate 62. Of the both ends of the tube 63 which extends from a substrate 62, fuel inflow section 63a and fuel outflow section 63b are formed. The catalyst for a dehydrogenation reaction is supported inside the tube 63. It is arranged so that the tube 63 used as a reaction path may pass along between the fuel electrode face of a separator 3, and air pole sides, after [with a group] the cooling plate 61 has been pinched by the separator components 3a and 3b.

[0090] Moreover, drawing 7 really which was built in the fuel cell 1 shows the structure with a group of the dehydrogenation machine 54 of a method. The

dehydrogenation machine 54 is formed [by a fuel cell 1 taking the structure where the laminating of the cel which consists of a separator 3, electrodes 4 and 5, and an electrolyte membrane 6 was carried out to the multilayer (seeing drawing 2)] of the slot path processed on the both separator components [3c and 3d] plane of composition by joining both the separator components 3c and 3d that divided the separator 3 into two components by the side of a fuel and air.

[0091] Drawing 8 shows separator components 3c (3d). Separator components 3c (3d) is equipped with the substrate 65 which consists of the quality of the material of carbon etc. 3 of the fuel passage 66, the hydrogen passage 67, and the airstream way 68 ways are penetrated and formed in the thickness direction at the substrate 65. The fuel passage 66, the hydrogen passage 67, and the airstream way 68 are formed one [at a time] as the object for an inflow, and the object for an outflow, respectively, and a substrate 65 has input 66a of the fuel passage 66, tap hole 66b and input 67a of the hydrogen passage 67, tap hole 67b, and input 68a and tap hole 68b of the airstream way 68. Slot 65a which takes a grid-like path in the condition that it is open for free passage with input 66a of the fuel passage 66 and tap hole 66b is engraved on the front face of a substrate 65. The slot (not shown) of the shape of slot 65a and isomorphism is

formed in the phase confrontation at 3d of another separator components joined to separator components 3c, and the reaction duct 69 is formed of junction of both slots. The catalyst for dehydrogenation is supported inside the reaction duct 69. The reaction duct 69 used as a reaction path is formed in the interior of a separator 3 so that it may pass along between the fuel electrode face of a separator 3, and air pole sides.

[0092] Where this separator 3 is built into a fuel cell 1, three passage 66, 67, and 68 penetrates a fuel cell 1 in the direction of a cel train, the hydrogen passage 67 is opened for free passage by the fuel electrode of each cel, and the airstream way 68 is opened for free passage by the air pole of each cel. The slot of the many trains used as hydrogen passage and an airstream way is formed in the field top, i.e., a fuel electrode face and an air pole side, of the each separator components [3c and 3d] the reaction duct 69 (slot 65a) and the opposite side at the sense which intersects perpendicularly, respectively (see drawing 2). In addition, in drawing 5 and drawing 7 , although the dehydrogenation machine 54 is arranged every cel plurality between the cels of a fuel cell 1, each separator 3 can also be considered as a dehydrogenation machine built-in configuration.

[0093] Moreover, the tip of the duct 70 connected to the tank 50 is connected in

the upstream of the hydrogenation reactor 56 of the circulation duct 51. A compressor CP 2 drives so that the internal pressure of a tank 50 may not exceed the set point by the control section C6 based on the detection value of a pressure sensor (not shown) which the compressor CP 2 was formed on the duct 70, and was prepared in the tank 50.

[0094] Next, a hydrogen supply system is explained. A hydrogen supply system is equipped with the chemical heat pump HP2 of a cyclohexane/benzenoid, and the hydrogen segregate HS which separates pure hydrogen from the hydrogen and benzene mixed gas after dehydrogenation. In addition, the 2nd chemical heat pump is constituted by chemical heat pump HP2.

[0095] A fuel tank 10 is the same structure as said 1st operation gestalt, and the inside of a tank 11 is divided by two rooms of a combustion chamber 13 and the recovery room 14 with the flexible type container 12 contained in the tank 11.

The recovery liquid storage method with which this operation gestalt also collects and keeps the dehydrogenation product of a fuel is adopted.

[0096] The dehydrogenation of the cyclohexane C six H12 used as a fuel is shown by the degree type.

C six H12 (mind) -> C six H6 (mind) + 3H2 (mind) - A cyclohexane is benzene C

six H6 by dehydrogenation like a 207 kJ/mol top type. Hydrogen H2 It dissociates. This dehydrogenation is endothermic reaction which progresses at about 200 degrees C.

[0097] Moreover, the hydrogenation reaction of benzene is shown by the degree type.

$C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}$ This hydrogenation reaction is exothermic reaction which progresses at about 350 degrees C 207 kJ/mol.

[0098] The chemical heat pump HP2 of the cyclohexane/benzenoid using the above-mentioned hydrogenation dehydrogenation is constituted as follows. The combustion chamber 13 of a fuel tank 10 is connected with an auxiliary tank 73 through a duct 71, and cyclohexane liquid is sent to an auxiliary tank 73 with the pump 72 formed on the duct 71. Chemical heat pump HP2 is equipped with the pump 75 formed on the auxiliary tank 73, the circulation duct 74 which connects an inlet port and an outlet to an auxiliary tank 73, and the circulation duct 74, a heat exchanger 76, the dehydrogenation machine 77 as a dehydrogenation means, the compressor 79 of 78 or 2 heat exchangers, the hydrogenation reactor 80, the reducing valve 81, and the condenser 82.

[0099] Catalyst support of the interior of the dehydrogenation machine 77 and

the hydrogenation reactor 80 is carried out. For example, alumina support platinum etc. is used for a catalyst. In the hydrogenation reactor 80, a cyclohexane, benzene, and the balanced mixture of hydrogen are obtained by the benzene hydrogenation reaction (about 350 degrees C of exothermic reaction), and the sensible heat is used from the preheating of a cyclohexane by the heat exchanger 76 while it is used from the preheating of benzene and the hydrogen mixture of gas by the heat exchanger 78.

[0100] Generation of heat (exhaust heat) of the chemical heat pump HP1 of IPA / acetone system used for cooling of a fuel cell 1 is used for the heat source of the endothermic reaction which occurs inside the dehydrogenation machine 77. The hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 56 and the dehydrogenation machine 77 of this chemical heat pump HP1 for cooling constitute the heat exchanger in which heat exchange is possible. Endothermic reaction in the dehydrogenation machine 77 is advanced at the exoergic temperature of about 200 degrees C of the chemical heat pump HP1 for cooling. The internal temperature of the dehydrogenation machine 77 is also adjusted by dehydrogenation temperature (about 200 degrees C) by control of the heater 60 by the control section C7 based on the detection value of a temperature sensor

59. In addition, the heater for dehydrogenation machines can also be formed separately. Moreover, for example, a plate mold catalytic-reaction machine is used for the heat exchanger constituted with the hydrogenation reactor 56 and the dehydrogenation vessel 77.

[0101] Two compressors 79 are for compressing into high pressure (for example, about 20 atmospheric pressures) the hydrogen and benzene gas which are sent to the hydrogenation reactor 80. Moreover, a temperature sensor 84 is formed in the hydrogenation reactor 80, and the internal temperature of the hydrogenation reactor 80 is adjusted according to the heating / cooling operation by the hydrogenation reaction temperature which is about 350 degrees C by controlling a heater 85 and the cold blast machine 86 by the control section C8 based on the detection value of a temperature sensor 84. In addition, an exhaust heat means is constituted by the hydrogenation reactor 80 and the cold blast machine 86.

[0102] After the cyclohexane after a benzene hydrogenation reaction, hydrogen, and the balanced mixture of benzene are decompressed with a pressure reducing pressure control valve 81 while they are lowered, when it passes along each heat exchangers 78 and 76, where a cyclohexane (81 degrees C of boiling

points) and benzene (80 degrees C of boiling points) are liquefied with a condenser 82, they flow back to an auxiliary tank 73.

[0103] The duct 87 which branches between the dehydrogenation machine 77 and a heat exchanger 78 is connected to the circulation duct 74, and the duct 87 is connected to the vapor-liquid-separation machine 88. On the duct 87, the flow control valve (MFC) 89 and the condenser 90 are formed. The hydrogen and benzene which are sent through a duct 87 after cyclohexane dehydrogenation are sent to the vapor-liquid-separation machine 88, where benzene (80 degrees C of boiling points) is liquefied by the condenser 90 formed in the middle of on a duct 87, and benzene liquid is stored by the vapor-liquid-separation machine 88.

[0104] The hydrogen demarcation membrane (hydrogen permeable film) 91 is formed in the vapor-liquid-separation machine 88, and the hydrogen supply line 92 is connected to ** of the downstream which separated the hydrogen demarcation membrane 91. From the vapor-liquid-separation machine 88, the pure hydrogen which passed through the hydrogen demarcation membrane 91 is discharged by the fuel cell 1 through the hydrogen supply line 92. On the hydrogen supply line 92, the reducing valve 93 and the flow control valve (MFC) 94 are formed. If it is judged that power consumption occurs and there is the

need for a generation of electrical energy by the control section C6, a flow control valve 94 will be opened, it will be controlled by the opening according to the amount of demand generations of electrical energy, and hydrogen will be supplied to a fuel cell 1 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy. A reducing valve 93 decompresses the pressure of hydrogen by the upstream of a flow control valve 94. In addition, based on the detecting signal of a pressure sensor 95 by which a vapor-liquid-separation means is constituted from ducts 87, 92, and 97, a condenser 90, a vapor-liquid-separation machine 88, a hydrogen demarcation membrane 91, and pump 98 grade and which detects the pressure of the hydrogen in the vapor-liquid-separation machine 88 again, a flow control valve 89 is controlled by the control section C9, and the hydrogen more than a set pressure is always stored in the vapor-liquid-separation machine 88. As for the volume in an auxiliary tank 73 (cyclohexane principal component liquid), only the part by which the flow control valve 89 was opened and benzene and hydrogen were discharged from the system of heat pump HP2 through the duct 87 decreases. If it is judged that the volume in an auxiliary tank 73 is less than the amount of setup based on the detecting signal of the liquid level sensor 96

formed in the auxiliary tank 73, a pump 72 will drive by the control section C10, and a cyclohexane will be supplied to an auxiliary tank 73 from the combustion chamber 13 of a fuel tank 10.

[0105] Moreover, the pump 98 is formed on the duct 97 which connects the vapor-liquid-separation machine 88 and the recovery room 14 of a fuel tank 10.

The liquid level sensor 99 which detects benzene volume is formed in the vapor-liquid-separation machine 88, and a control section C9 drives a pump 98 based on the detecting signal of a liquid level sensor 99, and it sends benzene to the recovery room 14 of a fuel tank 10 so that the benzene volume in the vapor-liquid-separation machine 88 may not exceed the amount of setup.

[0106] Moreover, the tip of duct 74a connected to the auxiliary tank 73 is connected in the upstream of the hydrogenation reactor 80 of the circulation duct 74. A compressor CP 3 drives so that the internal pressure of an auxiliary tank 73 may not exceed the set point by the control section C10 based on the detection value of a pressure sensor (not shown) which the compressor CP 3 was formed on duct 74a, and was prepared in the auxiliary tank 73.

[0107] The fuel cell system FCS constituted as mentioned above operates as follows. If power consumption occurs, for example with a car or a home private

electric generator, while a flow control valve 94 will be opened, it is controlled by the opening according to the amount of demand generations of electrical energy equipped with the fuel cell system FCS, and pure hydrogen is supplied to the fuel electrode of a fuel cell 1 from the inside of the vapor-liquid-separation machine 88 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy, air is supplied to an air pole from air supply equipment at this and coincidence, and a generation of electrical energy is performed inside a fuel cell

1.

[0108] Based on the detection temperature of a temperature sensor 58 prepared in the fuel cell 1, a pump 52 drives by the control section C6, and IPA is seen off in the dehydrogenation machine 54 by the flow rate by which a fuel cell 1 is maintained at operating temperature. It is cooled by the endothermic reaction in the dehydrogenation machine 54, and a fuel cell 1 is adjusted by operating temperature

by it.

[0109] The temperature up of the waste heat of a fuel cell 1 is carried out by the chemical heat pump HP1 for cooling (IPA / acetone system), about 200-degree C generation of heat (exhaust heat) of the hydrogenation reactor 56 is given to the dehydrogenation machine 77 through heat exchange, and it is used as a

heat source of the dehydrogenation of a cyclohexane.

[0110] With the dehydrogenation vessel 77, dehydrogenation (endothermic reaction) of a cyclohexane is performed and hydrogen and benzene are generated. The temperature up of the generation gas after dehydrogenation is carried out, it is made into about about 350 degrees C, and is sent to the hydrogenation reactor 80, the hydrogenation reaction of benzene is performed here, and a cyclohexane is reproduced. The balanced mixture gas after a benzene hydrogenation reaction flows back to an auxiliary tank 73 through a condenser 82, after being decompressed with a reducing valve 81 while being cooled by each heat exchangers 78 and 76. The liquid which consists of a cyclohexane and unreacted benzene is stored by the auxiliary tank 73.

[0111] On the other hand, the hydrogen and benzene after cyclohexane dehydrogenation are sent to the vapor-liquid-separation machine 88 through a condenser 90, when the hydrogen gas pressure in the vapor-liquid-separation machine 88 becomes low and a flow control valve 89 is opened. The benzene liquefied with the condenser 90 is stored by the vapor-liquid-separation machine 88. The benzene liquid by which liquefaction separation was carried out is collected by the vapor-liquid-separation machine 88 by the drive of a pump 98 at

the recovery room 14 of a fuel tank 10. The hydrogen stored in the vapor-liquid-separation machine 88 penetrates the hydrogen demarcation membrane 91, and only pure hydrogen is sent to a fuel cell 1.

[0112] According to this operation gestalt, the effectiveness of (1) - (4) stated with the 1st operation gestalt is acquired similarly. That is, although fuels differ, since pure hydrogen can be supplied to a fuel cell 1 by adopting the recovery liquid storage method which is a method which obtains hydrogen by the dehydrogenation of a fuel, and collects the resultants after dehydrogenation (benzene) with a liquid, the effectiveness of aforementioned (1) - (3) is acquired similarly. Moreover, since a fuel tank 10 is the movable partition structure which builds in the flexible type container 12, the effectiveness of the above (4) is acquired similarly. Since the cyclohexane which is a fuel is furthermore reproduced by the hydrogenation reaction of benzene, the effectiveness of the above (6) and (7) is acquired similarly. In addition, the following effectiveness is acquired.

[0113] (8) Since heat is exhausted after carrying out the temperature up of the waste heat of a fuel cell 1 to about 200 degrees C with the chemical heat pump HP1 for cooling and carrying out a temperature up to about 350 degrees C with

the elevated-temperature side chemical heat pump HP2 further, the exhaust heat temperature of the hydrogenation reactor 80 which functions as a radiator is still as high as about 350 degrees C, and can enlarge further the temperature gradient of the exhaust heat temperature and circumference external-environment temperature of a radiator ability part (for example, 30-50 degrees C). Therefore, exhaust heat effectiveness in case the hydrogenation reactor 80 is cooled by the cold blast machine 86 becomes high. Consequently, rather than the 1st operation gestalt, a radiator part can be made still smaller and the still smaller fuel cell system FCS can be offered. Moreover, the dehydrogenation machine 54 can raise the endothermic efficiency from a fuel cell 1 while being able to build it in a fuel cell 1 comparatively at a compact, since the tube 63 or the reaction duct 69 used as the reaction path is prepared in one with the separator 3 with the structure of the pinching method passing through between the fuel electrode face of a separator 3, and air pole sides, or an one method.

[0114] (9) Since a cyclohexane with many hydrogen generating mols per one mol of fuels is used as a fuel, when using the fuel cell system FCS for mount, for example, IPA which used the fuel volume required to secure need mileage with

said 1st operation gestalt can be lessened compared with the configuration used as a fuel. Therefore, a fuel cell system can be further miniaturized by the miniaturization of a fuel tank 10.

[0115] (3rd operation gestalt) The 3rd operation gestalt is explained according to drawing 9 below. With this operation gestalt, it generates electricity using the hot exhaust heat which carried out the temperature up of the waste heat of a fuel cell 1 with chemical heat pump. With this operation gestalt, a methylcyclohexane is used as a fuel of a hydrogen-containing organic system compound.

[0116] The dehydrogenation of methylcyclohexane $C_6H_{11}CH_3$ used as a fuel is expressed with a degree type.

$C_6H_{11}CH_3$ (mind) $\rightarrow C_6H_5CH_3$ (mind)+ $3H_2$ (mind)- A methylcyclohexane is toluene $C_6H_5CH_3$ and hydrogen H_2 by dehydrogenation like a 204.8 kJ/mol top type. It dissociates. This dehydrogenation is endothermic reaction which progresses at about 200 degrees C.

[0117] Moreover, the hydrogenation reaction of toluene is shown by the degree type.

$C_6H_5CH_3$ (mind)+ $3H_2$ (mind) $\rightarrow C_6H_{11}CH_3$ (mind)+ This hydrogenation reaction is exothermic reaction which progresses at about 350 degrees C 204.8

kJ/mol.

[0118] The point of building two steps of chemical heat pump with this operation gestalt is the same as said 2nd operation gestalt. That is, two steps of heat pump systems are built for the chemical heat pump of IPA / acetone system adopted as fuel cell cooling, and the chemical heat pump of the methylcyclohexane / toluene / H-2 system (only henceforth a methylcyclohexane / toluene system) adopted as hydrogen generation as low temperature side chemical heat pump and elevated-temperature side chemical heat pump, respectively. And with this operation gestalt, the temperature up of the generation of heat (exhaust heat) of the low temperature side chemical heat pump used for cooling of a fuel cell 1 is further carried out with elevated-temperature side chemical heat pump, and exhaust heat of the high temperature is used for a generation of electrical energy.

[0119] The low temperature side heat pump used for cooling of a fuel cell 1 is the same as that of said 2nd operation gestalt. The temperature up of the waste heat of a fuel cell 1 is carried out by the low temperature side chemical heat pump for the cooling, and it uses exhaust heat with a hydrogenation reaction temperature of about 200 degrees C which is the generation-of-heat side through heat

exchange as a heat source of the dehydrogenation of the methylcyclohexane which is the endoergic side of elevated-temperature side chemical heat pump.

[0120] The fuel cell cooling system is equipped with the pump 52 formed on the circulation duct 51 which goes via the interior of a fuel cell 1 while being the same as that of said 2nd operation gestalt and connecting an inlet port and an outlet to a tank 50 and a tank 50, and the circulation duct 51, a heat exchanger 53, the dehydrogenation machine (endothermic-reaction machine) 54, the heat exchanger 55, the hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 56, and the condenser 57. One of the structures shown in drawing 5 stated with said 2nd operation gestalt - drawing 8 is used for the dehydrogenation machine 54.

[0121] A temperature sensor 58 is formed in a fuel cell 1, and after a fuel cell 1 becomes operating temperature, based on the detection value of a temperature sensor 58, a pump 52 drives by the control section C6. Moreover, a temperature sensor 59 is formed in the hydrogenation reactor 56, and a heater 60 is controlled by the control section C7 so that the internal temperature of the hydrogenation reactor 56 turns into hydrogenation reaction temperature (about 200 degrees C). Moreover, the tip of the duct 70 connected to the tank 50 is connected in the upstream of the hydrogenation reactor 56 of the circulation duct

51, and the internal pressure of a tank 50 exceeds the set point by driving by the control section C6 based on the detection value of the pressure sensor (not shown) with which the compressor CP 2 formed on the duct 70 was formed in the tank 50.

[0122] Next, a hydrogen supply system is explained. A hydrogen supply system is equipped with the chemical heat pump HP2 of a methylcyclohexane / toluene system, and the hydrogen segregate HS which separates pure hydrogen by carrying out liquefaction separation of the toluene from the hydrogen and toluene mixed gas after dehydrogenation. A fuel tank 10 is the same structure as said 1st operation gestalt, and is divided by two rooms of a combustion chamber 13 and the recovery room 14 with the flexible type container 12 contained in the tank 11. While an oil supply port and effluent opening (all are illustration abbreviations) are prepared in a tank 11 and the methylcyclohexane of a combustion chamber 13 is supplied from an oil supply port, the toluene of the recovery room 14 is discharged outside from effluent opening. This operation gestalt also adopts the recovery liquid storage method which collects and keeps the toluene which is the dehydrogenation product of the methylcyclohexane which is a fuel. Both the toluene that is the methylcyclohexane and resultant

which are a fuel is liquids in ordinary temperature.

[0123] The combustion chamber 13 of a fuel tank 10 is connected to an auxiliary tank 101 through a duct 100, and methylcyclohexane liquid is sent to an auxiliary tank 101 with the pump 102 formed on the duct 100. The chemical heat pump HP2 of a methylcyclohexane / toluene system consists of a dehydrogenation system part and a hydrogenation system-of-reaction part.

[0124] The dehydrogenation system part is equipped with the auxiliary tank 101, the duct 103 which connects an inlet port to an auxiliary tank 101, and the pump 104 formed on the duct 103, a heat exchanger 105, the dehydrogenation machine 106 as a dehydrogenation means and a condenser 107. The outlet of a duct 103 is connected to the vapor-liquid-separation machine 108. With the dehydrogenation vessel 106, dehydrogenation of a methylcyclohexane is carried out to a heat source using generation of heat (exhaust heat) of the chemical heat pump HP1 for cooling (low temperature side), and toluene and the hydrogen mixture of gas are generated. The hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 56 and the dehydrogenation machine 106 of this chemical heat pump HP1 for cooling constitute the heat exchanger in which heat exchange is possible. Endothermic reaction in the dehydrogenation machine 106 is

advanced at the exoergic temperature of about 200 degrees C of the chemical heat pump HP1 for cooling. The internal temperature of the dehydrogenation machine 106 is adjusted by dehydrogenation temperature (about 200 degrees C) by control of the heater 60 by the control section C7 based on the detection value of a temperature sensor 59. The sensible heat of the mixture of gas after dehydrogenation is used from the preheating of a methylcyclohexane by the heat exchanger 105. In a condenser 107, toluene is liquefied and liquefaction separation of the toluene (111 degrees C of boiling points) is carried out at the vapor-liquid-separation machine 108. Catalyst support of the interior of the dehydrogenation machine 106 is carried out, and for example, alumina support platinum etc. is used for a catalyst. In addition, the 1st chemical heat pump is constituted by chemical heat pump HP1, and the 2nd chemical heat pump is constituted by chemical heat pump HP2.

[0125] The vapor-liquid-separation machine 108 is connected to the auxiliary tank 101 through the duct 109. The condenser 110 is formed on the duct 109. The gas containing the hydrogen in the vapor-liquid-separation machine 108 is sent to an auxiliary tank 101 through a duct 109.

[0126] The hydrogen demarcation membrane (hydrogen permeable film) 111 is

formed in an auxiliary tank 101, and the hydrogen supply line 112 is connected to ** of the downstream which separated the hydrogen demarcation membrane 111. The pure hydrogen which passed through the hydrogen demarcation membrane 111 is supplied to a fuel cell 1 through the hydrogen supply line 112. On the hydrogen supply line 112, the reducing valve 113 and the flow control valve (MFC) 114 are formed. When it is judged by the control section C6 that a generation of electrical energy is required, while a flow control valve 114 is opened, it is controlled by the opening according to the amount of demand generations of electrical energy, and hydrogen is supplied to a fuel cell 1 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy. A reducing valve 113 decompresses the pressure of hydrogen by the upstream of a flow control valve 114.

[0127] On the other hand, the hydrogenation system-of-reaction part is equipped with the vapor-liquid-separation machine 108, the circulation duct 115 which connects an inlet port and an outlet to the vapor-liquid-separation machine 108, and the pump 116 formed on the circulation duct 115, the hydrogenation reactor 117, a heat exchanger 118, a reducing valve 119 and a condenser 120. The hydrogen supply line 121 which branched from the hydrogen supply line 112

between the pump 116 and the hydrogenation reactor 117 is connected to the circulation duct 115. Two compressors 122 are formed on the hydrogen supply line 121. After hydrogen is compressed into high pressure (for example, about 20 atmospheric pressures) by two compressors 122, it is supplied to the upstream of the hydrogenation reactor 117. Moreover, the internal temperature of the hydrogenation reactor 117 is adjusted with the heating by the hydrogenation reaction temperature which is about 350 degrees C by controlling the heater 124 which the temperature sensor 123 was formed in the hydrogenation reactor 117, and was formed in the duct 115 by the control section C11 based on the detection value of a temperature sensor 123.

[0128] Catalyst support of the interior of the hydrogenation reactor 117 is carried out, and for example, alumina support platinum etc. is used for a catalyst. In the hydrogenation reactor 117, the balanced mixture of a methylcyclohexane, toluene, and hydrogen is obtained by the toluene hydrogenation reaction (exothermic reaction: about 350 degrees C). That is, a methylcyclohexane is reproduced by performing the hydrogenation reaction of toluene with the hydrogenation reactor 117. The sensible heat of the balanced mixed gas after a hydrogenation reaction is used from the preheating of hydrogen by the heat

exchanger 118. After the balanced mixed gas after a toluene hydrogenation reaction is decompressed with a reducing valve 119 while it is lowered, when it passes along a heat exchanger 118, it is in the condition that toluene (111 degrees C of boiling points) was liquefied with the condenser 120, and it flows back in the vapor-liquid-separation vessel 108.

[0129] With the vapor-liquid-separation vessel 108, unreacted toluene (111 degrees C of boiling points) is liquefied, and methylcyclohexane gas (101 degrees C of boiling points) is sent to an auxiliary tank 101 through a duct 109. A methylcyclohexane is liquefied with the condenser 110 formed in the middle of on a duct 109, and it is stored by the auxiliary tank 101.

[0130] A liquid level sensor 125 is formed in an auxiliary tank 101, and when the pump 102 on a duct 100 drives by the control section C12 based on the detecting signal of a liquid level sensor 125, the methylcyclohexane liquid more than the amount of setup (setting oil level) is always stored in the auxiliary tank 101.

[0131] Moreover, the duct 126 for discharging toluene liquid is connected to the vapor-liquid-separation machine 108 between the recovery rooms 14 of a fuel tank 10. Toluene liquid collected on the vapor-liquid-separation machine 108 is

sent to the recovery room 14 of a fuel tank 10 about the daily dose beyond the amount of setup (setting oil level), when the pump 128 on a duct 126 drives by the control section C13 based on the detecting signal of a liquid level sensor 127 which detects the oil level. In addition, a vapor-liquid-separation means is constituted by a condenser 110,120, the vapor-liquid-separation machine 108, an auxiliary tank 101, the hydrogen demarcation membrane 111, a duct 112,126, and pump 128 grade.

[0132] Exhaust heat of the hydrogenation reactor 117 is used for the heat source of the generation-of-electrical-energy system GS. The generation-of-electrical-energy system GS equips the tank 130, the circulation duct 131 which connects an inlet port and an outlet to a tank 130, the pump 132 formed on the circulation duct 131, the steam generator (heat-receiving machine) 133, the scrolling type expansion machine 134 and a condenser 135, and the scrolling type expansion machine 134 as a heat engine with the generator 136 by which drive connection was carried out. Drive control of the pump 132 is carried out by the control section C11 based on the detecting signal of the temperature sensor 123 formed in the hydrogenation reactor 117. The hydrogenation reactor 117 and the steam generator 133 constitute a heat

exchanger, and a steam is generated from water by the steam generator 133 by making the exothermic reaction heat in the hydrogenation reactor 117 into a heat source. The scrolling type expansion machine 134 is driven with a steam, a generator 136 drives with the driving force, and a generation of electrical energy is performed. The power generated with the generator 136 is stored in the dc-battery which is not illustrated, and is used as a supply voltage of the fuel cell system FCS. In addition, an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means are constituted by the hydrogenation reactor 117, a tank 130, the circulation duct 131, a pump 132, the steam generator 133, the scrolling type expansion machine 134, a condenser 135, and the generator 136.

[0133] According to this operation gestalt, the effectiveness of (1) - (4), (6), and (9) as well as the 2nd operation gestalt is acquired. In addition, the following effectiveness is acquired. (10) Since it generates electricity using exhaust heat, the generating efficiency per fuel unit can be raised. Moreover, since the scrolling type expansion machine which is a direct vent system is used, compared with an open-end turbine, it is not based on the height of rotational speed, but high mechanical efficiency is acquired in a large rotational frequency

region.

[0134] (4th operation gestalt) The 4th operation gestalt which materialized this invention is hereafter explained according to drawing 10 and drawing 11 .

[0135] The fuel cell system FCS of this operation gestalt burns the recovery liquid which collected the resultants after dehydrogenation by the burner, and is used as a heat source of dehydrogenation. The radiator by cooling water is used for cooling of a fuel cell 1 as usual.

[0136] As shown in drawing 10 , the fuel cell system FCS is equipped with a fuel cell 1 and the hydrogen distribution system 2. The hydrogen distribution systems 2 are collected like said 1st operation gestalt, and keep the acetone which is the resultant while the dehydrogenation generates hydrogen by using IPA as a fuel and supplying a fuel cell 1. In addition, illustration is omitted about the air supply system (air supply system) of a fuel cell 1.

[0137] The fuel tank 140 as a fuel liquid storage means and a recovery liquid storage means is equipped with a tank 141 and the diaphragm 142 as a movable batch prepared in the tank 141 so that the interior of a tank 141 might be divided to two upper and lower sides. In the tank 141, a combustion chamber 13 is divided by the diaphragm 142 bottom, and the recovery room 14 is divided by

the diaphragm 142 bottom. A diaphragm 142 consists of rubber which has oilproof [high] to a fuel. As shown in drawing 11 (a), when there are many fuels, a diaphragm 142 carries out elastic deformation so that it may dent upwards, and while the volume of a combustion chamber 13 becomes large, the volume of the recovery room 14 becomes narrow. As shown in drawing 11 (b), when there are few fuels, a diaphragm 142 carries out elastic deformation so that it may dent below, and while the volume of a combustion chamber 13 becomes narrow, the volume of the recovery room 14 becomes large. That is, a diaphragm 142 deforms and the volume of both ** 13 and 14 is changed so that the loss in quantity of a fuel and the increase in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel may be made to balance. In addition, the hydrogen demarcation membrane 155 is formed in the fuel tank 140 of the method of drawing 11 , and it is used with this operation gestalt.

[0138] The hydrogen distribution system 2 has the dehydrogenation machine 145 and condenser 146 as the pump 144 and the dehydrogenation means which the outlet was prepared on the duct 143 connected to the vapor-liquid-separation machine 147, and the duct 143 while an inlet port is connected to the combustion chamber 13 of a fuel tank 140 and a fuel tank 140.

The catalyst which can be used for the dehydrogenation machine 145 is the same as that of the 1st operation gestalt.

[0139] The hydrogen and the acetone which were generated by the dehydrogenation of IPA in the dehydrogenation machine 145 are sent to the vapor-liquid-separation machine 147, where IPA (81 degrees C of boiling points) is liquefied with a condenser 146. The duct 148 connected to the vapor-liquid-separation machine 147 is connected between the pump 144 and the dehydrogenation machine 145 to the duct 143. If an oil level becomes based on the detection value of a liquid level sensor 150 which the pump 149 was formed on the duct 148 and prepared in the vapor-liquid-separation machine 147 more than a setting oil level, it will change to a pump 144 by the control section C15, a pump 149 will drive, and IPA of the vapor-liquid-separation machine 147 will be supplied to the dehydrogenation machine 145.

[0140] The duct 151 connected to the vapor-liquid-separation machine 147 is connected to the vapor-liquid-separation machine 152, and the condenser 153 is formed on the duct 151. An acetone (56 degrees C of boiling points) is liquefied with the intermediate condenser 153 through a duct 151, and, as for the gas in the vapor-liquid-separation machine 147, liquefaction separation of the acetone

is carried out at the vapor-liquid-separation machine 152. The gas in the vapor-liquid-separation machine 152 is sent to the recovery room 14 of a fuel tank 140 through a duct 154, and if the acetone in the vapor-liquid-separation machine 152 reaches a predetermined oil level, it will flow into the recovery room 14 of a fuel tank 140 through a duct 154.

[0141] The hydrogen demarcation membrane 155 is formed in the recovery room 14 of a fuel tank 140, and the duct 156 is connected to ** of the downstream which separated the hydrogen demarcation membrane 155. On the duct 156, the reducing valve 157 and the flow control valve 158 are formed. If it judges that a control section C15 needs to be generated electricity, while opening a flow control valve 158, it will control to the opening according to the amount of demand generations of electrical energy, and hydrogen will be supplied to a fuel cell 1 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy. A reducing valve 157 decompresses the pressure of hydrogen by the upstream of a flow control valve 158.

[0142] If the pressure sensor 159 for detecting the pressure of hydrogen is formed in the recovery room 14 of a fuel tank 140 and the pressure of hydrogen becomes under the set point based on the detection value of a pressure sensor

159, a pump 144 or a pump 149 will drive by the control section C15, and IPA will be supplied to the dehydrogenation machine 145. In addition, a vapor-liquid-separation means is constituted by a fuel tank 140, a condenser 146,153, the vapor-liquid-separation machine 147,152, a duct 143,151,154, and hydrogen demarcation membrane 155 grade.

[0143] The duct 160 connected to the recovery room 14 of a fuel tank 140 is connected to the burner 161 as a combustion means, and the pump 162 is formed on the duct 160. If a burner 161 is located near the dehydrogenation machine 145 and the pressure of the hydrogen of the recovery room 14 becomes below the drive initiation set pressure of a pump 144 (149) by decision based on the detection value of a pressure sensor 159, while a pump 162 drives by the control section C15, a burner 161 will be lit like. A temperature sensor 163 is formed in the dehydrogenation machine 145, the rotational speed of a pump 162 is controlled by the control section C15 so that the internal temperature of the dehydrogenation machine 145 turns into dehydrogenation temperature of about 80 degrees C of a fuel (IPA) based on the detection value of a temperature sensor 163, and the amount of acetones supplied to a burner 161 is adjusted. Therefore, some recovery liquid (acetone) is used as a heat source of

the dehydrogenation machine 145 by burning by the burner 161. In addition, it is also possible to use the heat of combustion of a burner 161 as auxiliary heat sources at the time of low-temperature starting etc.

[0144] Although the method which burns the acetone which is that recovery liquid using IPA was adopted as the fuel with this operation gestalt, a fuel may be except IPA and can also use a cyclohexane and a methylcyclohexane as a fuel. In this case, what is necessary is just to control combustion of a burner 161 by the control section C15 based on the detection value of a temperature sensor 163 so that the internal temperature of a dehydrogenation machine turns into dehydrogenation temperature of the hydrogen-containing organic system compound used for a fuel since the dehydrogenation temperature of a fuel differs from IPA.

[0145] According to this operation gestalt, CO₂ generated by combustion in the effectiveness of (1) stated with said 1st operation gestalt is discharged by atmospheric air, but there are few discharges than conventional methanol reforming, and except it, while effectiveness equivalent to (1) is acquired, the effectiveness of (2) - (4) is acquired similarly. Namely, CO₂ Though it is the pure hydrogen supply system which is not mixed, it is conventionally known for

comprehensive evaluation of small, a light weight, handling ease, an infrastructure development side, etc., and also excels compared with the fuel cell system of a method. Therefore, though it is more practical as a fuel cell system for mount and is a recovery liquid storage method further, by using the diaphragm-type fuel tank 140, the tank volume can be stopped small and it contributes also to a system-wide miniaturization. Furthermore, the following effectiveness is acquired.

(10) Since recovery liquid is burned and it considers as the heat source of the dehydrogenation machine 145, recovery liquid can be used effectively. Moreover, when using it, for example for mount, it contributes in the direction which extends mileage with loss in quantity by combustion consumption of recovery liquid.

[0146] (5th operation gestalt) The 5th operation gestalt is explained based on drawing 12 below. This operation gestalt is the example which adopts other generation-of-electrical-energy methods in the case of generating electricity like said 3rd operation gestalt using the waste heat of a fuel cell 1, and the generation-of-electrical-energy method using the Seebeck effect is used for it.

[0147] As shown in drawing 12 , for example, where a heat exchanger plate 170

is minded to the hydrogenation reactor 117 which constitutes chemical heat pump HP2, the thermo-electric generating element 171 as a generation-of-electrical-energy means is arranged. A thermo-electric generating element 171 consists of a n-type semiconductor 175 inserted between the elevated-temperature lateral electrode 172, two low-temperature lateral electrodes 173,174, and the elevated-temperature lateral electrodes 172 and the low-temperature lateral electrodes 173, and a p type semiconductor 176 inserted between the elevated-temperature lateral electrode 172 and the low-temperature lateral electrode 174. And each low-temperature lateral electrode 173,174 is connected to the minus electrode and plus electrode of a dc-battery 179 through wiring 177,178, respectively.

[0148] If the heat by generation of heat of the hydrogenation reactor 117 is told through a heat exchanger plate 170, the elevated-temperature lateral electrode 172 is heated, the elevated-temperature lateral electrode 172 becomes an elevated temperature and a temperature gradient arises between the low-temperature lateral electrodes 173,174, electromotive force will occur and a dc-battery 179 will be charged.

[0149] Therefore, according to this operation gestalt, the same effectiveness as

said 3rd operation gestalt is acquired. Furthermore, the following effectiveness is acquired.

(11) If a thermo-electric generating element 171 is used, even if it is the exhaust heat temperature of low temperature level compared with the exhaust heat temperature required of a steam generation-of-electrical-energy method, it can generate electricity enough.

[0150] (6th operation gestalt) The 6th operation gestalt is explained based on drawing 13 below. This operation gestalt is the modification of the 2nd operation gestalt. Although the method which builds two steps of chemical heat pump, and exhausts heat at an elevated temperature was adopted with the 2nd operation gestalt, with this operation gestalt, only the chemical heat pump for cooling carries out much more, and the hydrogen product is considering the hydrogenation reaction as the configuration which is not performed only by the dehydrogenation of a fuel. The point which is the recovery liquid storage method which collects and keeps the reaction generation liquid after the dehydrogenation of a fuel is the same.

[0151] As shown in drawing 13, the configuration of the fuel cell cooling system CS for cooling a fuel cell 1 is fundamentally [as the 2nd operation gestalt] the

same, and is a configuration of having built the chemical heat pump HP1 of IPA / acetone system. In this example, the radiator is added to the down-stream region of a hydrogenation reactor. In addition, chemical heat pump HP1 constitutes the 1st chemical heat pump.

[0152] The hydrogen distribution system 2 which constitutes the fuel cell system FCS is equipped with the fuel cell cooling system CS and the hydrogen supply system HSS. The fuel cell cooling system CS has the pump 52 formed on the tank 50, the circulation duct 51 which goes via the interior of a fuel cell 1 while an inlet port and an outlet are connected to a tank 50, and the circulation duct 51, a heat exchanger 53, the dehydrogenation machine (endothermic-reaction machine) 54, a heat exchanger 55, the hydrogenation reactor (exothermic reaction machine) 56, a radiator 180, and a condenser 57. The dehydrogenation machine 54 is built in the fuel cell 1. Moreover, the cold blast machine 181 for ventilating a radiator 180 near the radiator 180 is formed. Since the exhaust heat part which carried out the temperature up and was exhausting heat with elevated-temperature side chemical heat pump in said 2nd operation gestalt was lost, the radiator 180 and the cold blast machine 181 were added for preparing the alternative exhaust heat part.

[0153] A temperature sensor 58 is formed in a fuel cell 1, and after a fuel cell 1 becomes operating temperature, based on the detection value of a temperature sensor 58, a pump 52 is driven by the control section C6. Moreover, a temperature sensor 59 is formed in the hydrogenation reactor 56, and by controlling a heater 60 by the control section C7 based on the detection value of a temperature sensor 59, temperature control is carried out so that the inside of the hydrogenation reactor 56 may serve as hydrogenation reaction temperature (about 200 degrees C). Moreover, the tip of the duct 70 connected to the tank 50 is connected in the upstream of the hydrogenation reactor 56 of the circulation duct 51, and the internal pressure of a tank 50 exceeds the set point by driving by the control section C6 based on the detection value of the pressure sensor (not shown) with which the compressor CP 2 formed on the duct 70 was formed in the tank 50.

[0154] Next, a hydrogen supply (generation) system is explained. The 2nd operation gestalt and configuration differ from each other [a system with the hydrogen supply system HSS from the fuel tank 10 to / system / the vapor-liquid-separation machine 88]. It changes to the chemical heat pump of a cyclohexane/benzenoid, and becomes only a dehydrogenation system.

[0155] The combustion chamber 13 of a fuel tank 10 is connected to the vapor-liquid-separation machine 88 through a duct 183, and a pump 184, the heat exchanger 185, the dehydrogenation machine 186 as a dehydrogenation means, the flow control valve (MFC) 187, and the condenser 188 are formed on the duct 183. The dehydrogenation machine 186 constitutes the heat exchanger with the hydrogenation reactor 56. Catalyst support of the interior of the dehydrogenation machine 186 is carried out, and for example, alumina support platinum etc. is used for a catalyst. With the dehydrogenation vessel 186, benzene and hydrogen are generated by the dehydrogenation of a cyclohexane and the sensible heat is used from the preheating of a cyclohexane by the heat exchanger 185.

[0156] Benzene (80 degrees C of boiling points) is liquefied with the condenser 188 with which the gas after cyclohexane dehydrogenation was formed in the middle of on a duct 183, and vapor liquid separation of hydrogen and the benzene is carried out to the vapor-liquid-separation machine 88.

[0157] The hydrogen demarcation membrane 91 is formed in the vapor-liquid-separation machine 88, and the hydrogen supply line 92 is connected to ** of the downstream which separated the hydrogen demarcation

membrane 91. From the vapor-liquid-separation machine 88, the pure hydrogen which passed through the hydrogen demarcation membrane 91 is discharged by the fuel cell 1 through the hydrogen supply line 92. On the hydrogen supply line 92, the reducing valve 93 and the flow control valve (MFC) 94 are formed. If a control section C6 has a generation-of-electrical-energy demand command, a flow control valve 94 will be made to open, it will control to the opening according to the amount of demand generations of electrical energy, and hydrogen will be supplied to a fuel cell 1 by the flow rate according to the amount of demand generations of electrical energy. A reducing valve 93 decompresses the pressure of hydrogen by the upstream of a flow control valve 94.

[0158] Based on the detecting signal of a pressure sensor 95 which detects the pressure of the hydrogen in the vapor-liquid-separation machine 88, a flow control valve 187 is controlled by the control section C9, and hydrogen is always stored in the vapor-liquid-separation machine 88 more than a set pressure. Moreover, the duct 97 is connected among both so that the vapor-liquid-separation machine 88 and the recovery room 14 of a fuel tank 10 may be connected. The pump 98 is formed on the duct 97. The liquid level sensor 99 which detects benzene volume is formed in the

vapor-liquid-separation machine 88, and a control section C9 drives a pump 98 based on the detecting signal of a liquid level sensor 99, and it sends benzene to the recovery room 14 of a fuel tank 10 so that the benzene volume in the vapor-liquid-separation machine 88 may not exceed the amount of setup.

[0159] A pump 184 will be mostly driven to coincidence, if a flow control valve 187 is opened. Namely, a pump 184 is driven at the drive rate which can supply the cyclohexane of the amount which can generate only the hydrogen with which the hydrogen flow which a flow control valve 187 is opened and is supplied to the vapor-liquid-separation machine 88 is compensated to the dehydrogenation machine 186. In addition, a vapor-liquid-separation means is constituted by the vapor-liquid-separation machine 88, a condenser 188, ducts 92 and 97, and pump 98 grade.

[0160] According to this operation gestalt, the effectiveness of (1) - (4) and (8) as well as said 2nd operation gestalt is acquired. Furthermore, the following effectiveness is acquired.

(12) Although the number of chemical heat pump is one, since a radiator 180 is in the thing for lowering the gas temperature of about 200 degrees C, compared with a configuration, its exhaust heat effectiveness is conventionally [which

lowers the cooling water temperature of 80 degrees C] high, and it can make a radiator 180 small.

[0161] (7th operation gestalt) The 7th operation gestalt is explained based on drawing 14 below. This operation gestalt is the example which carried the fuel cell system FCS in the automobile, and is related with the fuel recycle system which reuses in an automobile the recovery liquid which carried out recovery storage.

[0162] As shown in drawing 14 , the fuel cell system FCS is carried in the automobile 200 as a car. An automobile 200 drives the electric motor for transit (not shown) with the power which the fuel cell 1 generated, and runs. The fuel in the combustion chamber 13 of the fuel tank 10 carried in the automobile 200 is consumed by running, and the reaction generation liquid after the dehydrogenation of a fuel (recovery liquid) is collected, and it is kept at the recovery room 14.

[0163] When supplying with oil in the oil supply stand 210, while a fuel is refueled by the combustion chamber 13 with a pump 213,214 via the oil supply hose 211 and the drain oil hose 212 which were connected with the fuel tank 10, the recovery liquid in the recovery room 14 is collected. While the fuel tank 220 and

the reaction generation liquid tank 230 which were connected in the oil supply stand 210 and the duct 215,216 are installed in an oil supply location and the oil supply hose 211 is connected to a fuel tank 220, the drain oil hose 212 is connected to the reaction generation liquid tank 230. The fuel tank 220 and the reaction generation liquid tank 230 are connected to the large-sized hydrogenation reactor 240 through the duct 217,218, respectively. the equipment which the hydrogenation reactor 240 makes carry out the hydrogenation reaction of the recovery liquid, and reproduces a fuel -- it is -- the basic structure -- said the 1- it is the same as that of the hydrogen distribution system in each 3rd operation gestalt.

[0164] Therefore, the recovery liquid collected from the fuel tank 10 of an automobile 200 by the reaction generation liquid tank 230 with the pump 214 via the drain oil hose 212 when supplying with oil is sent to the hydrogenation reactor 240 through a duct 218. And in the hydrogenation reactor 240, the hydrogenation reaction of recovery liquid is performed and a fuel is reproduced. The fuel reproduced with the hydrogenation reactor 240 is sent to a fuel tank 220 through a duct 217, and is refueled in an automobile 200 through a duct 215 and the oil supply hose 211 as a fuel at the time of oil supply. In addition, each tank

220,230 may be connected with the hydrogenation reactor 240 which the hydrogenation reactor 240 does not necessarily need to be installed in the oil supply location, for example, was installed far away through the pipeline.

[0165] According to this operation gestalt, the following effectiveness is acquired.

(13) While the automobile 200 carrying the fuel cell system FCS does not discharge CO₂, also when the recycle system which reproduces to a fuel the recovery liquid (reaction generation liquid) collected from the automobile 200 with the hydrogenation reactor 240 outside a vehicle is built, the configuration which does not discharge CO₂ is possible. Therefore, the system (however, with the 4th operation gestalt, CO₂ of the minute amount when burning recovery liquid is discharged) which does not discharge any CO₂ in the system of fuel recycle can be offered.

[0166] (8th operation gestalt) The 8th operation gestalt is explained based on drawing 15 below. this operation gestalt -- the 1- also when the fuel cell system FCS of the 3rd and 5th operation gestalten is carried in an automobile, especially an automobile carries out a transit halt and the need for a generation of electrical energy is lost about the control approach which controls the fuel cell system FCS suitably, the control which continues the generation of electrical

energy by hydrogen generation or exhaust-heat use within limits of which energy balance consists using remaining heat performs.

[0167] In the fuel cell system FCS carried in the automobile 200 like said 7th operation gestalt, a microcomputer is built in the control unit MC (shown in drawing 14), and the remaining-heat operation control program data shown in the memory with the flow chart of drawing 15 performed by the central processing unit (CPU) are memorized. Moreover, it connects with the speed sensor 201 of an automobile 200 electrically at the control unit (shown in drawing 14). In addition, a remaining-heat operation control means is constituted by the various devices used for control unit MC, a speed sensor 201, and remaining-heat operation.

[0168] In the operational status by which the start key prepared in the automobile 200 was turned on, when it is judged that power consumption is detected by the electric system of an automobile, and there is the need for a generation of electrical energy, it is ordered in a generation of electrical energy of the fuel cell system FCS. And when a transit halt is detected by the speed sensor etc. and the need for a generation of electrical energy is lost, CPU performs the program of drawing 15 . In addition, with said 3rd operation gestalt,

since there is a generator, the power which carried out the remaining-heat generation of electrical energy is charged at a dc-battery. Moreover, since it does not have a generator with the 1st and 2nd operation gestalten, remaining-heat operation performs generation of hydrogen, and playback of a fuel.

[0169] Hereafter, a remaining-heat operation control is explained based on the flow chart of drawing 15 . At step (it is only hereafter described as S) 10, it judges first whether it is a car halt. If are not judged as a car halt, and this routine is ended and it is judged as a car halt, it will progress to S20.

[0170] The hydrogen supply to a fuel cell is suspended in S20. That is, clausilium of the flow control valve (MFC) which controls supply of the hydrogen to a fuel cell is carried out. All the heaters for temperature control are also turned OFF at this time.

[0171] In the following S30, it judges whether fuel cell temperature is more than laying temperature. That is, based on the input value from any one, it judges at least whether it is in the temperature region in which complementary heat utilization is possible in hydrogen generation, fuel playback, and an exhaust heat generation of electrical energy among the temperature sensor formed in the fuel

cell 1 or the temperature sensor formed in the hydrogenation reactor of a fuel cell cooling system, and the temperature sensor for detecting the temperature of the dehydrogenation machine of a hydrogen product further. Laying temperature is set as the minimum temperature of the temperature region in which complementary heat utilization is possible. Since it is dependent on the waste heat temperature of a fuel cell 1 whether elevated-temperature side chemical heat pump generates heat even when equipping multistage with chemical heat pump, if the temperature of a fuel cell 1 is seen, it is turned out whether complementary heat utilization is possible. Therefore, also when using the detection value of a temperature sensor prepared in elevated-temperature side chemical heat pump, based on the detection value, it will be judged indirectly whether the temperature of a fuel cell 1 is the temperature in which complementary heat utilization is possible. And with [fuel cell temperature] laying temperature [more than], it progresses to S40, and if fuel cell temperature is not more than laying temperature, it will progress to S50.

[0172] In S40, control which continues remaining-heat operation of a hydrogen distribution system is carried out. That is, where a generation of electrical energy of a fuel cell 1 is suspended, required devices, such as a pump for fuel supply

and a compressor for hydrogen supply, are controlled to make operation of the predetermined system according to each operation gestalt continue among a hydrogen product, a fuel reversion system, and an exhaust heat generation-of-electrical-energy system.

[0173] And if fuel cell temperature turns into under laying temperature, operation of a hydrogen distribution system will be stopped in S50. In addition, even if it is the temperature requirement where energy balance is not realized, when it is necessary to cool a fuel cell 1, about a cooling system at least, operation is continued separately.

[0174] Therefore, according to this operation gestalt, the following effectiveness is acquired.

(14) When an automobile 200 carries out a transit halt and suspends a generation of electrical energy, carry out continuation operation of at least one according to each fuel cell system configuration of hydrogen generation, fuel playback, and exhaust heat generations of electrical energy using remaining heat. For this reason, since hydrogen and the fuel which become the origin of power or power using remaining heat are generated, a deployment of remaining heat can raise the generating efficiency of the fuel cell system FCS. Moreover,

the mileage per fuel unit can be extended by an exhaust heat generation of electrical energy or playback of a fuel.

(9th operation gestalt) The 9th operation gestalt is explained based on drawing 16 and drawing 17 below.

[0175] A fuel cell is used also for power sources used for that fuel recycle, such as each facility and a transportation means, by this operation gestalt about the recycle system of a fuel like the 7th operation gestalt.

[0176] Resources, such as natural gas and petroleum, are abundant and convey the recovery liquid (dehydrogenation product) kept as spent fuel with the automobile, the private electric generator, etc. to overseas where the manufacturing cost of hydrogen is comparatively cheap, a fuel is manufactured by hydrogenating recovery liquid overseas (playback), and the large-scale recycle system which uses the fuel conveyed to domestic from overseas with a domestic automobile, a domestic private electric generator, etc. is built.

[0177] This recycle system is classified into nine by the Lord who shows drawing 16 and drawing 17.

The last course ** automobile 200 an automobile 200 runs ** Oil supply A stand ** stand with the facility for oiling 250 for carrying out Between ports

Rail-and-road-transportation ** recovery liquid and the fuel which are conveyed by tanker 260 Natural resources, such as natural gas in overseas [ocean transportation **] to which recovery liquid and a fuel are conveyed using the port ** tanker 280 with the storage facility 270 for stocking temporarily, and petroleum, mining ** mining to reforming of the pipeline ** natural resource for conveying the natural resource carried out, or the power of an electric power plant The tanker 260 and tanker 280 as the hydrogenation process automobile 200 and a mobile for liquid conveyance which reproduce a fuel from the recovery liquid which the hydrogen generation process ** tanker 280 using the electrolysis of water to depend carried in are all a fuel cell system (however). Here, the part 202,261,281 except a tank is carried and it moves with the power of the electric actuator (an illustration picture is not carried out) which uses a fuel cell as a power source. Moreover, the fuel cell system (however, part except a tank) 251,271,291 is installed in a facility for oiling 250, a storage facility 270, and the hydrogenation facility 290 as a fuel playback means, and required power is provided with a fuel cell with each facility 250,270,290. And the movable partition tank by which the combustion chamber 13 and the recovery room 14 were divided with the movable batches 263 and 283,253,273,293 is used for the tanks

262 and 282,252,272,292 arranged by a tanker 260, the tanker 280, the facility for oiling 250, the storage facility 270, and the hydrogenation facility 290 for the purpose of transportation and storage of recovery liquid and a fuel. Some fuels stored in the combustion chamber 13 of tanks 262 and 282,252,272,292 are used for the fuel cell systems 261 and 281,251,271,291 arranged by each mobile 260,280 for transportation, and each facility 250,270,290 as a fuel for hydrogen generation required for a generation of electrical energy, and the method which keeps the recovery liquid after fuel use in the recovery room 14 of tanks 262 and 282,252,272,292 is used for them. Originally namely, the tank 262 with which the mobile 260,280 for transportation and the facility 250,270,290 were equipped for the purpose of transportation and storage of a fuel and recovery liquid and the fuel in 282,252,272,292 While using a part for a generation of electrical energy by the fuel cell systems 261 and 281,251,271,291 arranged by the mobile 260,280 for transportation and facility 250,270,290 as a power unit The resultant (recovery liquid) generated by consumption of the fuel used for the generation of electrical energy is kept on tanks 262 and 282,252,272,292. That is, the equipment tank for transportation or storage is diverted as a fuel tank of the fuel cell systems 261 and 281,251,271,291.

[0178] The fuel cell systems 261 and 281,251,271,291 of the thing and basic configuration which were stated with said each operation gestalt except for the point which takes the configuration whose things other than automobile 200 divert a equipment tank arranged by the automobile 200, the mobile 260,280 for transportation, and the facility 250,270,290 are the same.

[0179] An automobile 200 carries the fuel cell system 202 and a fuel tank 10. A fuel tank 10 is a diaphragm type tank divided by two 13 and 14 with the movable batch 203 with which the inside of a tank 10 consists of a diaphragm, and two volume [13 or 14] changes with deformation of the movable batch 203 autonomously according to change of volume.

[0180] The oil supply stand 210 installed in the facility for oiling 250 is equipped with 2 sets of pumps 254,255,256,257 of the tank 252 installed underground connected with 13 and 14 through piping two rooms. A tank 252 is a diaphragm type tank which uses a diaphragm for the movable batch 253. When refueling an automobile 200, while a fuel is refueled by the combustion chamber 13 of the fuel tank 10 of an automobile 200 by the drive of a pump 254 from the combustion chamber 13 of a tank 252 through the oil supply hose 211, the recovery liquid of the recovery room 14 of the fuel tank 10 of an automobile 200

is collected by the drive of a pump 255 through the drain oil hose 212 at the recovery room 14 of a tank 252. Moreover, the fuel cell system 251 keeps the resultant generated by the generation of electrical energy in the recovery room 14 of a tank 252 while using some fuels for a tank 252 which are connected with 13 and 14 through piping two rooms, and were stored in the tank 252 for a generation of electrical energy.

[0181] A tanker 260 carries the tank 262 as the fuel cell system 261 and a tank for liquid conveyance, and it keeps the resultant generated by the generation of electrical energy in the recovery room 14 of a tank 262 while the fuel cell system 261 uses some fuels stored in the tank 262 for a generation of electrical energy.

A tank 262 is a piston type tank divided by two 13 and 14 with the movable batch 263 with which the inside of a tank 262 consists of a piston, and two volume [13 or 14] changes with migration of the movable batch 263 autonomously according to change of volume. A tanker 260 runs between a facility for oiling 250 and storage facilities 270, and takes charge of rail and road transportation of a fuel and recovery liquid. While the fuel which the tanker 260 conveyed to the facility for oiling 250 from the storage facility 270 is supplied to the combustion chamber 13 of a tank 252 by the drive of a pump 257 through the oil supply hose

258 from the combustion chamber 13 of a tank 262, the recovery liquid in the recovery room 14 of a tank 252 is collected by the drive of a pump 256 through the drain oil hose 259 at the recovery room 14 of a tank 262.

[0182] A storage facility 270 is equipped with a tank 272, the fuel cell system 271, and the oil supply stand 274 and the recovery stand 275. It is the structure where two flexible type containers 272a and 272b were joined to two steps of upper and lower sides, a tank 272 is a two-step flexible type tank divided by two 13 and 14 with the movable batch 273 which consists of a part for the joint, and two volume [13 or 14] changes with migration of the movable batch 273 autonomously according to change of volume. The fuel cell system 271 and each stand 274,275 are connected through the 2 rooms 13 and 14 and piping of a tank 272. The fuel cell system 271 keeps the resultant generated by the generation of electrical energy in the recovery room 14 of a tank 272 while using some fuels stored in the tank 272 for a generation of electrical energy.

[0183] While the recovery liquid which the tanker 260 carried to the port from the facility for oiling 250 is collected by the drive of a pump 276 at the recovery room 14 of the tank 272 of a storage facility 270, a fuel is refueled by the drive of a pump 277 from the combustion chamber 13 of a tank 272 to the combustion

chamber 13 of a tanker 260.

[0184] A tanker 280 carries the tank 282 as the fuel cell system 281 and a tank for liquid conveyance, and it keeps the resultant generated by the generation of electrical energy in the recovery room 14 of a tank 282 while the fuel cell system 281 uses some fuels stored in the tank 282 for a generation of electrical energy. A tank 282 is a diaphragm type tank divided by two 13 and 14 with the movable batch 283 which consists of a diaphragm, and two volume [13 or 14] changes with deformation of the movable batch 283 autonomously according to change of volume. A tanker 280 navigates between a port with a storage facility 270, and ports with the hydrogenation facility 290, and takes charge of the ocean transportation of a fuel and recovery liquid. While the fuel in which the tanker 280 carried out the ocean transportation to the storage facility 270 from the hydrogenation facility 290 is supplied to the combustion chamber 13 of a tank 272 by the drive of a pump 278 through the oil supply hose 284 from the combustion chamber 13 of a tank 282, the recovery liquid in the recovery room 14 of a tank 272 is collected by the drive of a pump 279 through the drain oil hose 285 at the recovery room 14 of a tank 282.

[0185] As shown in drawing 17 , the hydrogenation facility 290 is equipped with

the fuel cell system 291, a tank 292, and hydrogenation equipment 294 and the oil supply stand 295. A tank 292 is a diaphragm type tank divided by two 13 and 14 with the movable batch 293 which consists of a diaphragm, and two volume [13 or 14] changes with deformation of the movable batch 293 autonomously according to change of volume. The fuel cell system 291, hydrogenation equipment 294, and the oil supply stand 295 are connected through the 2 rooms 13 and 14 and piping of a tank 292. While the recovery liquid in which the tanker 280 carried out the ocean transportation from the storage facility 270 to the hydrogenation facility 290 is collected from the recovery room 14 of a tank 282 by the drive of a pump 297 through the oil supply hose 296 at the recovery room 14 of a tank 292, the fuel in the combustion chamber 13 of a tank 292 is supplied to the combustion chamber 13 of a tank 282 by the drive of a pump 298 through the drain oil hose 299.

[0186] Hydrogenation equipment 294 is the facility equipped with the hydrogenation reactor, and reproduces a fuel by the hydrogenation reaction of the recovery liquid (dehydrogenation product) stored in the recovery room 14 of a tank 292. The fuel generated by the hydrogenation reaction is kept by the combustion chamber 13 of a tank 292. The fuel cell system 291 keeps the

resultant generated by the generation of electrical energy in the recovery room 14 of a tank 292 while using some fuels stored in the tank 292 for a generation of electrical energy.

[0187] There are the reformer 300 which generates hydrogen by reforming (for example, steam reforming) of methane or a methanol, electrolyzer 320 which manufactures hydrogen by the electrolysis of water using the power of a nuclear power plant 310 in the facility which supplies hydrogen to hydrogenation equipment 294. Pipe transportation of methane and the methanol which were refined by the refiner (plant) 340 is carried out through a pipeline 350 to the tank 360 near the port from natural gas and petroleum which were mined by the mining machine 330. And in a reformer 300, hydrogen is manufactured by reforming it for methane and the methanol which are supplied from a tank 360 using a raw material.

[0188] Therefore, according to the recycle system of this fuel, the automobile 200 which runs domestic collects the recovery liquid which carried out recovery storage to a facility for oiling 250 by consumption of a fuel in a fuel tank 10. And the rail and road transportation which used the tanker 260 for the recovery liquid collected to the facility for oiling 250, and the ocean transportation using a tanker

280 convey to the location where the manufacturing cost of hydrogen, such as overseas, is comparatively cheap, and a fuel is reproduced from recovery liquid with the hydrogenation facility 290 using the hydrogen manufactured comparatively cheaply from the natural resource at the transportation place.

[0189] And the fuel cell system 261,281 is moved with the power of an electric actuator as a power source, and the tanker 260 and tanker 280 which are used for rail and road transportation or an ocean transportation as a mobile for transportation also collect fuel used recovery liquid on a tank 262,282, while generating electricity using the fuel moreover stored in the tank 262,282 for transportation.

[0190] Moreover, in each facility 250,270,290, while providing power required for a facility by the generation of electrical energy by the fuel cell system 251,271,291 using the fuel stored in the tank 252,272,292, the used recovery liquid of the fuel consumed for the generation of electrical energy is kept by the tank 252,272,292. For example, all power required for pumps, lighting, etc. is provided by generation of electrical energy of the fuel cell system 251,271,291.

[0191] According to this operation gestalt, the following effectiveness is acquired as explained in full detail above.

(15) Drive the tanker 260 used for the transportation for fuel recycle, and a tanker 280 by the generation of electrical energy by the carried fuel cell system 261,281, and they carry out recovery storage of the recovery liquid generated by consumption of a fuel at a tank 262,282 while generating electricity using some fuels moreover stored in the tank 262,282 for transportation. Therefore, since the tank 262,282 for transportation (conveyance) is diverted and it does not have an exclusive tank for the fuel cell system 261,281, a miniaturization can be attained. Moreover, since a tank 262,282 is a movable batch type tank, the volume can be made small, a tank 262,282 can be made small, and comparatively a lot of fuels and recovery liquid which are moreover divided to two rooms can be carried.

[0192] (16) While performing the generation of electrical energy by the fuel cell system 251,271,291 using the fuel stored in the tank 252,272,292 installed in the facility 250,270,290 and providing required power, such as lighting, in facility 250,270,290, carry out recovery storage of the recovery liquid generated by consumption of a fuel at a tank 252,272,292. Therefore, since the tank 252,272,292 for storage is diverted and it does not have an exclusive tank for the fuel cell system 251,271,291, a miniaturization can be attained when a private

electric generator is adopted as facility 250,270,290. Moreover, since a tank 252,272,292 is a movable batch type tank, it can make the volume small and can make a tank 252,272,292 small.

[0193] (17) It is also possible to adopt the system which does not discharge carbon dioxide gas in the facility for generation of the hydrogen which all required power uses the fuel cell system FCS using the dehydrogenation of a fuel in a fuel recycle system, and is used for reproducing a fuel from recovery liquid, and the environment which does not discharge carbon dioxide gas in the whole recycle system can be provided with a desirable system.

[0194] In addition, an operation gestalt is not limited above, for example, can be carried out also with the following gestalt.

○ The configuration of a fuel tank is not limited to said each operation gestalt.

For example, the fuel tank 410 shown in drawing 16 takes the configuration in which two flexible type containers 411,412 were arranged and joined to two steps of upper and lower sides. A combustion chamber 13 and the recovery room 14 are formed in the interior of each [of two flexible type containers 411,412]. The joint 413 of two flexible type containers 411,412 serves as a movable batch. The liquid of the recovery room 14 is discharged through a tube

414.

[0195] Moreover, the fuel tank 420 shown in drawing 17 makes two rooms by which hold a piston 422 movable inside a tank 421 after the seal member 423 has changed the seal of the peripheral face into a fluid-tight condition, and it is made inside on both sides of a piston 422 a combustion chamber 13 and the recovery room 14. A piston 422 serves as a movable batch. Since according to these configurations the joint 413 and piston 422 as a movable batch move autonomously so that the loss in quantity of a fuel and the increase in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel may be made to balance, although it is the method which carries out storage storage of the recovery liquid, the storage volume ends small. In addition, a fuel tank 410,420 constitutes a fuel liquid storage means and a recovery liquid storage means, respectively. A joint 413 and a piston 422 constitute a movable batch, respectively.

[0196] O The organic system compound used as a fuel is not limited to each above-mentioned operation gestalt. The hydrogen-containing organic system compound which starts ***** can be used widely. Moreover, although it is desirable that it is a liquid in ordinary temperature as for a fuel and recovery liquid (resultant), it is not necessary to be necessarily a liquid in ordinary

temperature. For example, it may be a solid-state in ordinary temperature, or it may become a liquid by warming at the temperature of 100 degrees C or less, or may be a gas in ordinary temperature, or you may become a liquid by cooling at the temperature of -10 degrees C or more. For example, what is divided into ketones and hydrogen by dehydrogenation with alcohols, the thing divided into unsaturated hydrocarbon and hydrogen by dehydrogenation with saturated hydrocarbon, the thing divided into annular unsaturated hydrocarbon and hydrogen, such as aromatic hydrocarbon, by dehydrogenation with cycloalkanes are mentioned.

[0197] O the 1- with the 3rd operation gestalt, although the 2nd chemical heat pump was built, a hydrogenation reactor can be lost and the configuration which is not the 2nd chemical heat pump can also be taken. The waste heat of a fuel cell can be used for the heat source of dehydrogenation.

[0198] O In the system which builds the 2nd chemical heat pump like the 1st and 2nd operation gestalt, an exhaust heat means can adopt not only radiator structure but a generation-of-electrical-energy means. For example, if a temperature up is possible to the temperature which can make a steam required to drive the heat engine for a generation of electrical energy, when a heat

engine-type generator will be used and only a low-temperature (for example, 200 degrees C or less) temperature up will be made comparatively, it is good to use a thermo-electric generating element.

[0199] O Use other than a generation of electrical energy is also possible for the power of the heat engine of exhaust heat use. For example, you may use for the drive of an accessory vessel etc.

O In each operation gestalt, it can change to storing hydrogen in a tank, and a hydrogen storing metal alloy can also be used. Since the hydrogen separated from the fuel is stored temporarily and a hydrogen storing metal alloy is only saved, it is little, ends, and it does not become the weight burden of a system.

[0200] O The 1st chemical heat pump used to carry out a temperature up to the dehydrogenation temperature of a fuel is not limited to what uses a hydrocarbon system compound. Moreover, it is not limited to the thing of a hydrogenation dehydrogenation system, either. Other well-known compounds which can constitute chemical heat pump can be used. However, the chemical heat pump of a fluidic system is desirable.

[0201] O When the temperature up of the waste heat of a fuel cell cannot be carried out to the dehydrogenation temperature of a fuel with chemical heat

pump, mechanical heat pump and a heater may be used together for the remaining temperature up.

[0202] O The number of stages of chemical heat pump is limited to neither one step nor two steps. Chemical heat pump can be built to three or more steps of two or more steps. For example, when building three or more steps of chemical heat pump, there is not necessarily no need that the chemical heat pump which has the dehydrogenation of a fuel in a heat sink is a maximum-temperature stage. For example, the chemical heat pump by the side of an elevated temperature may be further built to the chemical heat pump which has the dehydrogenation of a fuel in a heat sink, for example, a deployment of exhaust heat may be aimed at.

[0203] O In the 4th operation gestalt, a fuel can be made into a cyclohexane or a methylcyclohexane, the fuel of benzene and toluene of recovery liquid can be carried out by the burner, and the heat of combustion can also be made into the heat source of a dehydrogenation machine. Whenever [stoving temperature / of the dehydrogenation machine by the burner] is set as the dehydrogenation temperature (about 200 degrees C) of this kind of fuel.

[0204] O Although the dehydrogenation machine was built into the fuel cell in

said each operation gestalt, a dehydrogenation machine may be formed in the exterior of a fuel cell.

O Although the fuel tank divided with the movable batch which moves autonomously at the combustion chamber and the recovery room was used with each operation gestalt so that the increase in quantity of a fuel and the loss in quantity of recovery liquid by consumption of a fuel might be made to balance, structures other than a formula (drawing 3) with a built-in flexible type container, a diaphragm type (drawing 11), a 2 steps of flexible type container type (drawing 16), and a piston type (drawing 17) may be taken. Moreover, it is not an autonomous type and migration control of the movable batch may be carried out heteronomously. The configuration of having formed separately the tank which furthermore carries out storage storage of the fuel, and the tank which carries out storage storage of the recovery liquid may be used. Moreover, the volume change of two rooms in the tank 262,282 for transportation (for conveyance) carried in a tanker 260 or a tanker 280 is not limited to what is depended on a movable autonomous-type batch, for example, may be based on an electromotive movable batch.

[0205] O A fuel cell system is not limited to the application for the object for

vehicular power supplies, or home private electric generators. A hydrogen distribution system is employable for all the things for which a fuel cell is used.

[0206] Technical thought other than the claim which can be grasped from said operation gestalt and example of another is indicated below.

(1) In either of claims 1-15, said fuel consists of a hydrocarbon system compound which takes the gestalt of a liquid in ordinary temperature, and said resultant consists of a hydrocarbon system compound which takes the gestalt of a liquid in ordinary temperature.

[0207] (2) In claim 12, said generation-of-electrical-energy means is a thermo-electric generating element. It can generate electricity using low-temperature waste heat.

(3) The car carrying the hydrogen distribution system of any 1 term of claims 1-15.

[0208] (4) The private electric generator equipped with the hydrogen distribution system of any 1 term of claims 1-15.

[0209]

[Effect of the Invention] Since recovery storage of the resultant is carried out with a liquid while supplying the hydrogen obtained by the dehydrogenation of a fuel

to a fuel cell according to invention according to claim 1, as explained in full detail above, the organic system liquid fuel which got used to handling is used, it is comparatively small and the hydrogen distribution system for fuel cells which hardly discharges the carbon dioxide gas which moreover poses a problem by global warming can be offered.

[0210] Although it is the method which carries out storage storage of the recovery liquid in order for a recovery liquid storage means to make the volume increase to the space made by a fuel liquid storage means decreasing the volume by consumption of a fuel by the increment in recovery liquid in addition to an effect of the invention according to claim 1 according to invention given in claims 2 and 3, the storage volume of a fuel and recovery liquid can be made comparatively small.

[0211] Since the heat of combustion which burned recovery liquid with the combustion means in any 1 term of claims 1-3 in addition to the effect of the invention of a publication is used for the heat source of a dehydrogenation machine, or the auxiliary heat source at the time of low-temperature starting according to invention according to claim 4, recovery liquid can be used effectively.

[0212] Since the waste heat of a fuel cell is used for the heat source of the dehydrogenation of a fuel in addition to an effect of the invention given in any 1 term of claims 1-4, while being able to use the waste heat of a fuel cell effectively for the dehydrogenation of a fuel according to invention according to claim 5, endoergic [of dehydrogenation] can raise the exhaust heat effectiveness of a fuel cell.

[0213] Since the temperature up of the waste heat of a fuel cell is carried out to dehydrogenation temperature by the 1st chemical heat pump formed at least one step even when using [according to invention according to claim 6] the fuel with which dehydrogenation progresses at dehydrogenation temperature higher than the operating temperature of a fuel cell in addition to an effect of the invention according to claim 5, the waste heat of a fuel cell can be used as a heat source of dehydrogenation.

[0214] Since heat is exhausted at an elevated temperature after the temperature up of the waste heat of a fuel cell is further carried out by the 2nd chemical heat pump of the dehydrogenation hydrogenation system of reaction in addition to an effect of the invention according to claim 5 or 6, while the exhaust heat effectiveness is raised according to invention according to claim 7, a fuel can be

reproduced from a resultant and the generating efficiency per fuel unit can be raised.

[0215] Since according to invention according to claim 8 heat is exhausted at an elevated temperature after carrying out the temperature up of the waste heat of a fuel cell to any 1 term of claims 1-4 with at least one step of chemical heat pump in addition to the effect of the invention of a publication, exhaust heat effectiveness can be raised. For example, a radiator can be miniaturized with the configuration which uses a radiator as an exhaust heat means.

[0216] While according to invention according to claim 9 in addition to an effect of the invention according to claim 8 being able to carry out the temperature up of the waste heat of a fuel cell to chemical heat pump using a dehydrogenation means and being able to heighten the waste heat effectiveness, a fuel can be reproduced from a resultant by the hydrogenation reaction by the side of generation of heat of chemical heat pump, and the generating efficiency per fuel unit can be raised.

[0217] Since an endothermic-reaction means of chemical heat pump to carry out the temperature up of the waste heat of said fuel cell to any 1 term of claims 6-9 in addition to the effect of the invention of a publication is built in said fuel cell

according to invention according to claim 10, the cooling effect of a fuel cell can be heightened.

[0218] Since according to invention according to claim 11 in addition to the effect of the invention according to claim 10 the dehydrogenation means is established in one with the separator so that the reaction path may pass along between the fuel electrode face of a separator, and air pole sides, while being able to build in a fuel cell comparatively at a compact, the endothermic efficiency from a fuel cell can also be raised.

[0219] Since it generates electricity [according to invention given in claims 12 and 13] by transforming the heat energy of exhaust heat into electrical energy in addition to an effect of the invention given in any 1 term of claims 7-11, the generation-of-electrical-energy effectiveness per fuel unit can be heightened.

[0220] According to invention according to claim 14, in addition to an effect of the invention according to claim 13, since a heat engine is a scrolling type expansion machine, high mechanical efficiency can be acquired irrespective of the height of a rotational frequency.

[0221] Since according to invention according to claim 15 remaining-heat operation of the chemical heat pump which stops the hydrogen supply to a fuel

cell after transit termination, and has a dehydrogenation means is carried out within limits of which energy balance consists when it is used for any 1 term of claims 7, 10-14 as an object for mount in addition to the effect of the invention of a publication, the generating efficiency per fuel unit can be raised.

[0222] Since it is the fuel recycle approach which carries the recovery liquid collected from the hydrogen distribution system for fuel cells to the exterior, carries the fuel reproduced by the hydrogenation reaction of recovery liquid at the conveyance place, and uses with the hydrogen distribution system for fuel cells according to invention given in claims 16 and 17, if the approach of not generating carbon dioxide gas adopts as a hydrogen production process, the system which does not discharge carbon dioxide gas at all in the process of fuel recycle can build.

[0223] According to invention according to claim 18, since it is the structure of displacing autonomously so that a movable batch may change volume of two rooms of a combustion chamber and a recovery room according to volume change, the tank for liquid conveyance which the mobile for liquid conveyance used for fuel recycle carries can be made small considering the volume which should carry the tank for liquid conveyance.

[0224] According to invention according to claim 19, since it is the structure of displacing autonomously so that a movable batch may change volume of two rooms of a combustion chamber and a recovery room according to volume change, the tank with which the facility for oiling used for fuel recycle is equipped can be made small considering the volume which should store a tank.

[0225] According to invention according to claim 20, since two rooms of the tank for liquid conveyance which the mobile for liquid conveyance carries serve as the fuel for hydrogen generation, and the stockroom of recovery liquid, they can abolish the tank only for [for fuel cells] hydrogen distribution systems, and since the volume of two rooms moreover changes with movable batches, although a tank is divided to two rooms, they can carry a fuel and recovery liquid so much.

[0226] Since according to invention according to claim 21 the recovery liquid by which recovery storage was carried out is reproduced by the hydrogenation reaction out of a vehicle on a car at a fuel and recycle use is carried out, it is also possible to build the recycle system of the fuel which does not discharge carbon dioxide gas at all.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The circuit diagram showing the fuel cell system in the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] The decomposition perspective view showing the cel of a fuel cell.

[Drawing 3] The sectional side elevation of a fuel tank.

[Drawing 4] The circuit diagram showing the fuel cell system in the 2nd operation gestalt.

[Drawing 5] The ** type side elevation showing the cel of a fuel cell.

[Drawing 6] The ** type top view of a dehydrogenation machine.

[Drawing 7] The ** type side elevation showing the cel of a different fuel cell from drawing _____ 5 .

[Drawing 8] The ** type top view of the separator components which constitute a dehydrogenation machine.

[Drawing 9] The circuit diagram showing the fuel cell system in the 3rd operation gestalt.

[Drawing 10] The circuit diagram showing the fuel cell system in the 4th operation gestalt.

[Drawing 11] The sectional side elevation of a fuel tank.

[Drawing 12] The ** type side elevation showing the thermo-electric generating element in the 5th operation gestalt.

[Drawing 13] The circuit diagram showing the fuel cell system in the 6th operation gestalt.

[Drawing 14] The mimetic diagram showing the fuel recycle system of the fuel

cell system in the 7th operation gestalt.

[Drawing 15] The flow chart which shows the remaining-heat operation control in

the 8th operation gestalt.

[Drawing 16] The partial mimetic diagram of the fuel recycle system in the 9th

operation gestalt.

[Drawing 17] Similarly it is the partial mimetic diagram of a fuel recycle system.

[Drawing 18] The sectional side elevation of the fuel tank of example of another.

[Drawing 19] The sectional side elevation of the fuel tank of different example of

another from drawing 18 .

[Description of Notations]

1 [-- The separator components which constitute a separator,] -- A fuel cell, 2 --

A hydrogen distribution system, 3 -- A separator, 3a, 3b, 3c, 3d 10 -- The fuel

tank as a fuel liquid storage means and a recovery liquid storage means, 12 --

The flexible type container as a movable batch, 24 77,106,145,186 -- The

dehydrogenation machine as a dehydrogenation means, 20 -- 27 The auxiliary

tank, 32 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The condenser, 34

which constitute a vapor-liquid-separation means -- The hydrogen demarcation

membrane which constitutes a vapor-liquid-separation means, 54 -- The

dehydrogenation machine as an endothermic-reaction means, 63 -- The tube as a reaction path, 69 -- The reaction duct as a reaction path, 87, 92, 97 -- The duct which constitutes a vapor-liquid-separation means, 90 -- The condenser, 88 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The vapor-liquid-separation machine which constitutes a vapor-liquid-separation means, 91 -- The hydrogen demarcation membrane, 98 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The pump which constitutes a vapor-liquid-separation means, 110,120 -- The condenser, 108 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The vapor-liquid-separation machine which constitutes a vapor-liquid-separation means, 101 -- The auxiliary tank, 110 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The hydrogen demarcation membrane which constitutes a vapor-liquid-separation means, 111,126 -- The duct, 128 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The pump which constitutes a vapor-liquid-separation means, 117 -- The hydrogenation reactor, 130 which constitute an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means -- The tank which constitutes an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means, 131 -- The circulation duct, 132 which constitute an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means

-- The pump which constitutes an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means, 133 -- The steam generator, 134 which constitute an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means

-- The scrolling type expansion machine which constitutes an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means, 135 -- The condenser, 134 which constitute an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means -- While constituting an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means, the scrolling type expansion machine as a heat engine, 136 -- The generator, 140 which constitute an exhaust heat means and a generation-of-electrical-energy means -- The fuel tank which constitutes a vapor-liquid-separation means, 146,153 -- The condenser, 147,152 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The vapor-liquid-separation machine which constitutes a vapor-liquid-separation means, 151,152,156 -- The duct, 155 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The hydrogen demarcation membrane which constitutes a vapor-liquid-separation means, 161

-- The burner as a combustion means, 171 -- The thermo-electric generating element as a generation-of-electrical-energy means, 88 -- The vapor-liquid-separation machine, 188 which constitute a vapor-liquid-separation

means -- The condenser which constitutes a vapor-liquid-separation means, 92
97 -- The duct, 98 which constitute a vapor-liquid-separation means -- The pump
which constitutes a vapor-liquid-separation means, 200 -- The automobile, 210
which constitute a fuel recycle system -- The oil supply stand which constitutes a
fuel recycle system and a fuel oil supply means, 220 -- The fuel tank which
constitutes a fuel recycle system and fuel oil supply *****, 230 -- While
constituting a fuel recycle system, the reaction generation liquid tank as a
recovery-vehicle outside means, 240 -- While constituting a fuel recycle system,
the hydrogenation reactor as a fuel playback means, 250 -- A facility for oiling,
252 -- A tank, 260 -- The tanker as a mobile for liquid conveyance, 262 -- The
tank as a tank for liquid conveyance, 280 -- The tanker as a mobile for liquid
conveyance, 282 -- The tank as a tank for liquid conveyance, 290 -- The
hydrogenation facility as a fuel playback means, 251 261,271,281,291 -- A fuel
cell system, 272,292 -- Tank, 140,410,420 [-- The piston as a movable batch,
FCS / -- Fuel cell system.] -- The fuel tank as a fuel liquid storage means and a
recovery liquid storage means, 142 -- The diaphragm as a movable batch, 413 --
The joint as a movable batch, 422

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-68138

(P2001-68138A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 1 M 8/06

H 0 1 M 8/06

R 4 G 0 4 0

C 0 1 B 3/24

C 0 1 B 3/24

5 H 0 2 7

3/56

3/56

Z

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平11-243182

(22) 出願日 平成11年8月30日 (1999.8.30)

(71) 出願人 000003218

株式会社豊田自動織機製作所

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地

(72) 発明者 金原 雅彦

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会
社豊田自動織機製作所内

(72) 発明者 磯貝 嘉宏

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会
社豊田自動織機製作所内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

Fターム(参考) 4G040 DA01 DA03 DB03 DC02 DC03

FA04 FB05 FC07 FE01

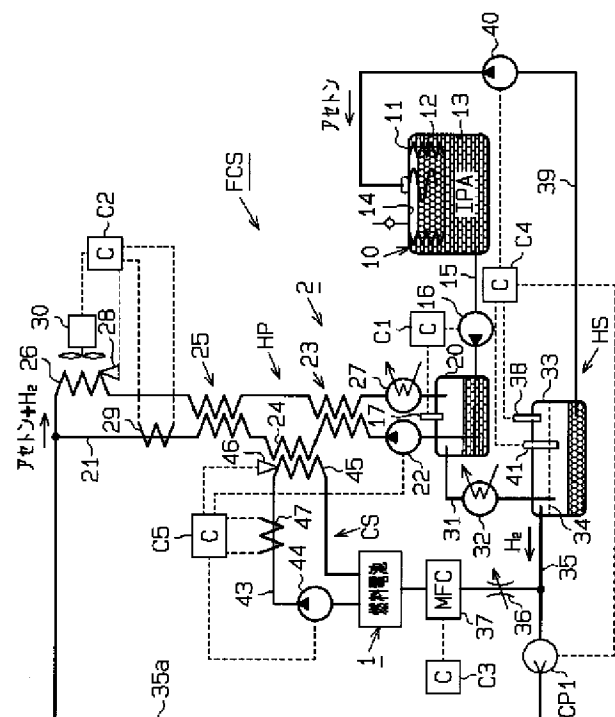
5H027 AA06 BA16 DD01 KK00 MM09

(54) 【発明の名称】 燃料電池用水素供給システム、燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステム

(57) 【要約】

【課題】 取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池システム F C S の水素供給システム 2 は、イソプロピルアルコール (I P A) を燃料とする。補助タンク 2 0 内の I P A は脱水素反応器 2 4 で脱水素反応により水素とアセトンに分離する。水素化反応器 2 6 ではアセトンの水素化反応により I P A、アセトン及び水素の平衡混合物が生成され、凝縮器 2 7 を通って補助タンク 2 0 には I P A が液化分離される。さらに気相は凝縮器 3 2 を通って気液分離器 3 3 に送られ、気液分離器 3 3 ではアセトンと水素が気液分離される。水素は水素分離膜 3 4 を通って燃料電池 1 へ供給される。気液分離器 3 3 内のアセトン液はポンプ 4 0 により燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 に回収され保管される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、

前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、

前記脱水素反応手段で燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、

前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段とを備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させた空間に、前記回収液貯蔵手段が容積を増加させるように構成されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように自律的に移動する燃料電池用水素供給システム。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第 1 のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第 1 のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第 2 のケミカルヒートポンプを構築し、該第 2 のケミ

カルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 8】 請求項 1～4 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、

前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段とを備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプである燃料電池用水素供給システム。

【請求項 10】 請求項 6～9 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記吸熱反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 12】 請求項 7～11 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記熱機関はスクロール式膨張機である燃料電池用水素供給システム。

【請求項 15】 請求項 7、10～14 のいずれか一項に記載の発明において、

車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転する余

熱運転制御手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 16】 請求項 1～15 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項 17】 請求項 16 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給する燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項 18】 請求項 16 又は 17 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている液体運搬用移動体。

【請求項 19】 請求項 17 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている給油設備。

【請求項 20】 前記燃料電池と、請求項 2～15 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している液体運搬用移動体。

【請求項 21】 前記燃料電池と、請求項 1～15 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池用水素供給システム、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】燃料電池はエネルギー効率が高く小型化を図り易いため、電気自動車の電源として採用されている。特に固体高分子型燃料電池は作動温度が 100℃前後と比較的低温であるため、自動車の電源や家庭用自家発電装置として実用的である。燃料電池は水素と酸素から水を生成する起電反応によって発電をする方式であるため、燃料電池に水素を供給するための水素供給システムが必要となる。

【0003】燃料電池に水素を供給する方法には、高圧タンクに水素ガスを加圧貯蔵する方法、水素吸蔵合金を使用する方法、液体水素を断熱タンクに貯蔵する方法、メタンやメタノールなどの炭化水素化合物を改質し、水素と炭酸ガスの混合ガスを供給する方法などがある。

【0004】燃料電池を例えば自動車の電源として使用する場合、一度の燃料補給で必要な走行距離を走行できる必要がある。また重量があると走行距離が短くなるので、重量はなるべく軽い方がよい。また車両という限られたスペースに収容する必要があるため、容積にも制約がある。そのため、水素供給システムは、必要な走行距離を走行できるだけの水素を供給できる規模としたとき、その容積および重量が課題となる。

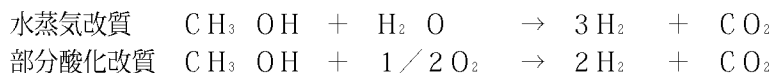
【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、燃料電池の発電効率を高めるためには純水素を供給する方式がよいと言われている。純水素を供給する方式としては、高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などがある。しかし、高圧ガス方式は容積が大きく走行距離が得られない。また、液体水素方式は気化ロスがあるうえ、液化に要するエネルギーが大きく総合効率が低下してしまう。水素吸蔵合金方式は、供給水素量に対して 50 倍以上の合金重量が必要で他の方式と比べ重量の点で不利である。

【0006】また、インフラ面の課題もある。高圧ガス

方式も水素吸蔵合金方式も水素ガスを補給する設備を整備する必要があり、取り扱いに慣れた液体燃料方式に比べインフラ面で不利である。液体水素は液体燃料ではあるが、極低温のため更に取り扱いが困難であり、給油の自動化が取り組まれているが、インフラ面の課題は最も大きい。

【0007】このような事情から、現在、メタノールやガソリンなどの炭化水素化合物の改質によって水素を生*



共に CO_2 が生成され大気に排出される。つまり、燃料となる炭化水素化合物中の炭素の全てを、昨今、地球温暖化で問題となっている CO_2 として排出する。このため、環境面からは不適当な水素供給システムであると言える。

【0009】また、燃料電池は発電効率が約 50% で、エネルギーの残り約 50% は廃熱となる。燃料電池は固体高分子電解質膜を使用するため、電解質膜が反応熱に侵されないように、その排熱を効率よく行う必要がある。従来は、燃料電池に冷却水を流してラジエータで排熱する冷却装置を使用していた。燃料電池は通常 100℃ 以下の作動温度に保たれるように冷却されるが、燃料電池から排出された冷却水の温度（例えば 60～80℃）と、ラジエータの周りの外部環境温度（例えば 30℃）との温度差が小さくラジエータの放熱効率が悪いいため、放熱面積の広い大型のラジエータを設置しなければならなかった。このため、大型のラジエータの設置に伴い燃料電池システムが大型化するという問題があった。

【0010】本発明は前記課題を解決するためになされたものであって、その第 1 の目的は、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システム及びその燃料リサイクルシステムを提供することにある。

【0011】第 2 の目的は、燃料電池の冷却装置の小型化を図ることにより燃料電池システムの小型化を実現することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記第 1 の目的を達成するために請求項 1 に記載の発明は、燃料電池用水素供給システムにおいて、含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、前記脱水素反応手段で燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段とを備えている。

* 成する水素供給システムが提案され、開発が進められている。炭化水素化合物の改質による水素供給方法は、燃料が有機化合物の液体で取り扱いに慣れた液体燃料方式とすることもできる。例えばメタノール改質方式には、水蒸気改質や部分酸化改質、およびこれらを組み合わせ熱収支を合わせるオートサーマル方式がある。反応式は次のようになる。

【0008】

【0013】この構成によれば、燃料液貯蔵手段から取り出された燃料は、脱水素反応手段における脱水素反応によって水素と反応生成物に分離される。気液分離手段は、燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素反応後の反応生成物を液体で回収する。反応生成物よりなる回収液は回収液貯蔵手段に貯蔵される。

【0014】このように燃料の脱水素後の反応生成物は液体で回収されるので、燃料がその組成中に炭素原子を含むものであってもその炭素原子は反応生成物の組成として液体で回収され、地球温暖化で問題になる炭酸ガスを外部にほとんど排出しないシステムとなる。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない環境にやさしく、しかも燃料及び反応生成物が共に液体で貯蔵されるためそれらの貯蔵容積が比較的小さくて済む。また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物液体よりなるため、取り扱いに慣れた有機系化合物液体方式とすることができる。このため、純水素を供給可能な他の水素供給方式（高压ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式など）など、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う方式に比べ取り扱い易い方式となる。また、脱水素反応により水素とともに反応生成物が気体で生成されても、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより反応生成物と水素の気液分離が可能であるため、反応生成物の回収がし易い。

【0015】請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできる空間に、前記回収液貯蔵手段は容積を増加させるように構成される。

【0016】この構成によれば、燃料液貯蔵手段に貯蔵された燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させる。このため、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵に必要な貯蔵容積が比較的小さくなる。

【0017】請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二

室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように自律的に移動することを要旨とする。

【0018】この構成によれば、燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段は、共通の容器内に可動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように可動仕切は自律的に移動する。

【0019】請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか一項に記載の発明において、前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている。

【0020】この構成によれば、回収液貯蔵手段に貯蔵された可燃性の回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱が熱源として利用される。燃焼手段による燃焼熱は、例えば脱水素反応器の熱源として利用されたり、また低温起動時等の補助熱源として利用される。

【0021】請求項5に記載の発明は、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とすることを要旨とする。

【0022】この構成によれば、燃料電池の廃熱を利用し、吸熱反応である燃料の脱水素反応の熱源とされる。燃料電池の排熱効率が脱水素反応の吸熱によって高められるとともに、燃料電池の廃熱が燃料の脱水素反応に有効利用される。

【0023】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第1のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第1のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とすることを要旨とする。

【0024】この構成によれば、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合でも、少なくとも一段設けられた第1のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、その脱水素反応の熱源として燃料電池の廃熱を利用することが可能になる。また、第1のケミカルヒートポンプの吸熱により燃料電池の排熱効率（冷却効果）が高まる。

【0025】第2の目的を達成するために請求項7に記載の発明は、請求項5又は6に記載の発明において、前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第2のケミカルヒートポンプを構築し、該第2のケミカルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている。

【0026】この構成によれば、反応生成物から水素化反応手段による反応生成物の水素化反応によって燃料が

再生される。脱水素反応手段と水素化反応手段とにより構築された昇温型の第2のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温される。その昇温された熱は排熱手段により排熱される。燃料電池の廃熱は高温に昇温されてから排熱されるので、その排熱効率（冷却効率）が高まる。

【0027】第2の目的を達成するために請求項8に記載の発明は、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段とを備えている。

【0028】この構成によれば、燃料電池の廃熱は少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温され、その昇温された高温の発熱が排熱手段により排熱される。高温で熱が排熱されることにより排熱手段の排熱効率が高くなり、排熱手段を小型化することが可能になる。例えば排熱手段がラジエータの場合、ラジエータを通る冷却水などの冷媒が高温になるため、ラジエータの温度とその外部環境温度との温度差が大きく、排熱効率（放熱効率）が高くなるので、ラジエータが小型で済むようになる。

【0029】請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプであることを要旨とする。

【0030】この構成によれば、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させることが可能になる。また、脱水素反応手段を利用したケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料が再生される。

【0031】請求項10に記載の発明は、請求項6～9のいずれか一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている。

【0032】この構成によれば、燃料電池に内蔵された吸熱反応手段では、燃料電池の作動温度で脱水素反応（吸熱反応）が進むため、燃料電池からの直接の吸熱により燃料電池の冷却効果が高められる。

【0033】請求項11に記載の発明は、請求項10に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている。

【0034】この構成によれば、脱水素反応手段はその

10

20

30

40

50

反応通路がセパレータの燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータと一体的に設けられているので、燃料電池に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに燃料電池からの吸熱効率も高められる。

【0035】請求項12に記載の発明は、請求項7～11のいずれか一項に記載の発明において、前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えていることを要旨とする。

【0036】この構成によれば、排熱手段が備える発電手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする。排熱を利用した発電による発電量の増加により燃料電池システムの発電効率が高まる。

【0037】請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の発明において、前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている。

【0038】この構成によれば、排熱の熱エネルギーを使って熱機関が駆動され、熱機関の動力を使って発電機により発電される。請求項14に記載の発明は、請求項13に記載の発明において、前記熱機関はスクロール式膨張機であることを要旨とする。

【0039】この構成によれば、熱機関はスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率を得られる。請求項15に記載の発明は、請求項7、10～14のいずれか一項に記載の発明において、車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転する余熱運転制御手段を備えている。

【0040】この構成によれば、走行終了を検出すると、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転される。このため、余熱を利用して水素が生成され、また発電手段を備える構成では余熱を利用した発電が行われる。さらに反応生成物の水素化反応により燃料が再生される。このため、発電効率が高まる。

【0041】請求項16に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法についての発明であって、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える。

【0042】この構成によれば、回収液運搬工程では、

燃料電池用水素供給システムを構成する回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する。燃料再生工程では、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する。燃料運搬工程では、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する。各工程によって回収液は水素化反応により再び燃料に再生され、再生された燃料が燃料電池用水素供給システムでの利用に供される。また、燃料再生に使用する水素の製造方法として水蒸気改質などを採用すると炭酸ガスが出るが、水素を水の電気分解で製造するなどの方法を採用すれば、燃料リサイクルの全工程において炭酸ガスをまったく排出しない構成も可能である。

【0043】請求項17に記載の発明は、請求項16に記載の発明において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給することを要旨とする。

【0044】この構成によれば、請求項16の発明の作用に加え、燃料電池用水素供給システムを搭載する車両が燃料を給油する際は、給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収する。回収液運搬工程では給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液が燃料再生手段に運搬され、燃料運搬工程では、再生された燃料が給油設備に運搬され、その燃料液貯蔵手段へ供給される。

【0045】請求項18に記載の発明は、請求項16又は17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【0046】この構成によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する。このため、液体運搬用タンクが運搬すべき液量の割に小型となる。

【0047】請求項19に記載の発明は、請求項17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収

10

20

30

40

50

液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【0048】この構成によれば、給油設備が燃料と回収液を貯蔵するために備えるタンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する。このため、タンクが貯蔵すべき液量の割に小型となる。

【0049】請求項20に記載の発明は、前記燃料電池と、請求項2～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している。

【0050】この構成によれば、液体運搬用移動体は、自身が搭載する燃料電池用水素供給システムで生成された水素を使って燃料電池が発電した電力により電動アクチュエータを動かし、液体運搬用タンクに貯蔵された液体を運搬する。液体運搬用タンク内に可動仕切により区画された液体運搬用の二室は、燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段としても兼用され、運搬用の燃料室内の燃料を水素生成にも使用し、その反応生成物は運搬用の回収室に回収される。このように液体運搬用タンクが水素生成用の貯蔵手段として兼用されるので、燃料電池用水素供給システム専用のタンクを別途設ける必要がなくなる。また、液体運搬用タンク内の二室の容量が可動仕切の変位により変化するので、液体運搬用タンクを二室に区画する割に、燃料と回収液を多量に運搬することが可能となる。

【0051】請求項21に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステムにおいて、前記燃料電池と、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている。

【0052】この構成によれば、車両に搭載された燃料電池システムは、燃料電池および燃料電池用水素供給システムを備え、車両内の回収液貯蔵手段には回収液が貯蔵保管される。車両内の回収液貯蔵手段に貯蔵保管され

た回収液は、車外回収手段により車外へ回収され、車外で燃料再生手段により水素化反応されることにより燃料に再生される。そして、再生された燃料は燃料給油手段により車両の燃料液貯蔵手段に給油される。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない燃料リサイクルシステムを構築することが可能となる。

【0053】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明を具体化した第1の実施形態を図1～図3に従って説明する。

【0054】燃料電池システムFCSは、例えば自動車などの車両に電源として搭載されたり、家庭用自家発電装置として使用される。燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、燃料電池1に水素を供給するための水素供給システム2とを備える。本実施形態の燃料電池1は固体高分子型燃料電池である。高分子電解質膜で区画された燃料極及び空気極からなる複数のセルを内蔵するものである。燃料電池1では、燃料極に供給される水素と、空気極に供給される空気中の酸素との電解膜を介した起電反応により発電が行われる。本実施形態では空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。燃料電池1の構造については後述する。

【0055】図2に示すように燃料電池1の単セル1aは、一対のリブ付きセパレータ3と、両セパレータ3間に挟まれる一対の電極4、5と、両電極4、5間に挟まれる電解質膜6とを有する。一対の電極は、多孔質支持層7にアノード触媒層8が形成されたアノード電極4と、多孔質支持層7にカソード触媒層9が形成されたカソード電極5とからなる。燃料（水素）はセパレータ3のアノード電極側面上の溝を通して一方向へ流れ、空気はセパレータ3のカソード電極側面上の溝を通して燃料の流れ経路と直交する方向へ流れる。アノード側が燃料極となり、カソード側が空気極となる。燃料電池1の作動温度は約80℃である。

【0056】水素供給システム2は、含水素有機系化合物としてのイソプロピルアルコール（IPA）（ $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ）を燃料として使用し、燃料であるIPAの脱水素反応で得られた水素を燃料電池1に供給する。

【0057】IPAの脱水素反応は次式で示される。

$$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}(\text{液}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CO}(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) - 100.4\text{kJ/mol}$$

IPAは脱水素反応によりアセトン（ $\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ）と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は触媒存在下で反応温度約80℃で起こる吸熱反応である。

【0058】また、反応生成物であるアセトンの水素化反応は次式で示される。

$$(\text{CH}_3)_2\text{CO}(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHOH}(\text{液}) + 100.4\text{kJ/mol}$$

この水素化反応は触媒存在下で反応温度約200℃で起

10

20

30

40

50

こる発熱反応である。アセトンの水素化反応によりIPAが再生される。

【0059】本実施形態は、IPAの脱水素反応生成物であるアセトンを回収して保管する反応液保管方式を採用する。また、水素化脱水素反応を利用したIPA/アセトン/H₂系のケミカルヒートポンプを構築し、燃料電池1の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温して高温で排熱する排熱システムを採用している。このケミカルヒートポンプでは、燃料電池1の廃熱を脱水素反応の熱源として利用している。また、このケミカルヒートポンプはアセトンの水素化反応によりIPAを再生する燃料再生システムを兼ねる。IPAおよびアセトンは常温で液体の有機系化合物であるため、この燃料電池システムFCSにおいて共に液体で貯蔵保管される。

【0060】図1に示すように水素供給システム2は、燃料タンク10と、ケミカルヒートポンプ系HPと、水素分離系HSと、燃料電池冷却系CSとを備える。燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段は燃料タンク10により構成される。

【0061】燃料タンク10には、燃料となるIPAと、IPAの脱水素反応後の反応生成物であるアセトンとが分離して貯蔵される。すなわち、図3に示すように燃料タンク10はタンク11の内部を二室に区画する可動仕切としての伸縮式容器12を収納し、伸縮式容器12が可動仕切りとして機能することにより、タンク11内は燃料室13と回収室14との二室に区画されている。伸縮式容器12は容積可変に伸縮可能な蛇腹構造を有している。タンク11には給油室と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、給油口から燃料室13へIPAが供給されるとともに、排液口から回収室14のアセトンが外部へ排出されるようになっている。伸縮式容器12は燃料の消費量とアセトンの回収量とをバランスさせるように膨らみ、燃料室13のIPAが消費されて減った分だけ回収室14の容積が増えるようになっている。

【0062】燃料タンク10の燃料室13は管路15を通じて補助タンク20に接続されている。管路15上に設けられたポンプ16によって燃料室13のIPA液が補助タンク20へ送られるようになっている。補助タンク20にはIPAの液面を検出する液面センサ17が設けられ、液面センサ17の検出信号に基づきIPA液面が設定液面を下回ると制御部C1によりポンプ16が駆動され、燃料タンク10の燃料室13からIPA液が補助タンク20に供給されるようになっている。

【0063】補助タンク20には循環管路21の入口と出口が接続され、循環管路21上にはポンプ22、熱交換器23、脱水素反応手段としての脱水素反応器24、熱交換器25、水素化反応器26及び凝縮器27が設けられている。脱水素反応器24の内部は触媒担持されている。触媒には例えば微粒金属ニッケル、カーボン担持貴金属、ラネーニッケル、ホウ化ニッケルなどが使用さ

れる。カーボン担持貴金属触媒用の貴金属には、白金、ルテニウム、ロジウム、パラジウム等が使用される。脱水素反応器24では約80℃でIPAの脱水素反応が行われる。また、水素化反応器26の内部も触媒担持されている。触媒にはニッケル触媒（例えば微粒ニッケル担持活性炭）が使用される。

【0064】水素化反応器26ではアセトン水素化反応（発熱反応約200℃）によりIPA、アセトン及び水素の平衡混合物が得られ、その顕熱は熱交換器25によってアセトン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器23によってIPAの予熱に使われる。

【0065】水素化反応器26には温度センサ28が設けられ、温度センサ28の検出温度に基づいて制御部C2により制御されるヒータ29及び冷風機30の加熱・冷却作用により、水素化反応器26の内部温度は水素化反応温度（約200℃）に調節されるようになっている。なお、水素化反応器26及び冷風機30により排熱手段が構成される。

【0066】アセトン水素化反応後のIPA、アセトン及び水素の平衡混合物は、各熱交換器25、23を通るときに降温されるとともに凝縮器27でIPA（沸点82℃）が液化された状態で、補助タンク20に還流される。補助タンク20に気相で還流された水素及びアセトン（g）は管路31を通じて気液分離器33に送られるとともに、管路31上の途中に設けられた凝縮器32によりアセトン（沸点56℃）が液化され、気液分離器33にアセトン液が貯留される。

【0067】気液分離器33には水素分離膜（水素透過膜）34が設けられ、気液分離器33に送り込まれた気体のうち水素分離膜34を通り抜けた水素のみを燃料電池1に排出するための水素供給管路35が気液分離器33に水素分離膜34の下流側室に連通する状態で接続されている。水素供給管路35上には減圧弁（可変絞リ）36および流量制御弁（MFC（Mass Flow Controller））37が設けられている。ここで、流量制御弁（MFC）37は、流量を検出する流量検出部と、その検出した検出流量値をフィードバックして開度の制御をする制御弁部とを有するものである。制御部C3が消費電力から発電の必要があると判断すると流量制御弁37は開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、水素は要求発電量に応じた流量で燃料電池1に供給されるようになっている。減圧弁36は流量制御弁37に送られる水素の圧力を設定圧力に減圧する。また、水素供給管路35から管路35aが分岐し、管路35aの先端は循環管路21の水素化反応器26の上流側にて接続されている。管路35a上にはコンプレッサCP1が設けられ、気液分離器33に設けられた圧力センサ38の検出値に基づいて制御部C4により気液分離器33の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサCP1が駆動される。

【0068】また、気液分離器33にはアセトン液を排出するための管路39が燃料タンク10の回収室14との間に接続され、管路39上にはポンプ40が設けられている。気液分離器33にはアセトンの液面を検出する液面センサ41が設けられ、液面センサ41の検出信号に基づきアセトン液面が設定液面を超えると制御部C4によりポンプ40が駆動され、気液分離器33内のアセトン液が回収室14に排出されるようになっている。なお、気液分離手段は、補助タンク20、凝縮器27、32、気液分離器33及び水分離膜34等から構成される。

【0069】脱水素反応器24の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池1を冷却する燃料電池冷却系CSの排熱を利用する。燃料電池1にはその内部を通る経路の閉回路を作る冷却用管路43が接続されており、管路43上にはポンプ44及び放熱管45が設けられている。放熱管45は脱水素反応器24と熱交換可能な熱交換器を構成する。燃料電池1の作動温度は約80℃で、放熱管45を流れる冷却水(温水)の熱が脱水素反応器24の昇温に使用され、脱水素反応器24の内部で起こる吸熱反応の熱源として使用される。脱水素反応器24の内部温度を測定するための温度センサ46が設けられ、温度センサ46の検出値に基づいて冷却用管路43上に設けられたヒータ47が制御部C5により制御されることにより、ヒータ47の予熱によって脱水素反応器24の内部温度が反応温度(約80℃)に調節されるようになっている。

【0070】燃料電池システムFCSの運転開始初期で燃料電池1が作動温度に達していないうちは、ヒータ47による予備加熱により脱水素反応器24が加温され、燃料電池1が作動温度に達した後の定常運転状態では主に燃料電池1の廃熱を利用して脱水素反応器24へ熱が伝えられる。また、脱水素反応器24内の吸熱反応によって放熱管45を流れる冷却水の熱が効率よく奪われることにより燃料電池1の排熱効率が高まるようになっている。なお、各制御部C1～C5は実際には燃料電池システムFCSを制御する一つの制御ユニットを構成している。

【0071】上記のように構成される燃料電池システムFCSは次のように作動する。燃料電池システムFCSが装備される例えば車両または家庭用発電機で電力消費があつて発電の必要があると判断されると、流量制御弁37が開かれるとともにその要求発電量に応じた開度に制御される。その結果、気液分離器33内から燃料電池1の燃料極に要求発電量に応じた流量で水素が供給され、これと同時に空気供給装置から空気極に空気が供給され、燃料電池1の内部では水素と酸素の起電反応による発電が行われる。

【0072】脱水素反応器24では燃料電池1の廃熱を熱源としてIPAの脱水素反応(吸熱反応)が行われ、

水素とアセトンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇温されて約200℃近くにして水素化反応器26に送られ、ここで水素化反応によりIPA、水素及びアセトンの平衡混合物が生成される。平衡混合物ガスは各熱交換器25、23で冷却されるとともに凝縮器27を通過して補助タンク20に還流される。補助タンク20ではIPAが液化分離されるとともに、気相で送られた水素およびアセトンガスは管路31から凝縮器32を通過して気液分離器33に送られ、ここでさらにアセトンが液化分離される。気液分離器33に液化分離されたアセトン液はポンプ40によって排出され、燃料タンク10の回収室14に回収される。一方、気液分離器33に蓄えられたガス中の水素は水分離膜34を透過し、純水素のみが水素供給管路35を通じて燃料電池1に送られる。

【0073】この燃料電池システムFCSでは次の効果が得られる。

(1) 燃料であるIPAの脱水素反応により分離された純水素を燃料電池1に供給し、脱水素後の反応生成物であるアセトンは燃料タンク10に回収されて保管される。メタノールの水蒸気改質方式の水素供給システムの場合、水素および二酸化炭素が燃料電池に供給され、二酸化炭素を環境に排出するが、本実施形態によれば環境問題の原因になる二酸化炭素を排出しない燃料電池システムFCSを提供できる。また、燃料電池1には純水素が供給されるので、二酸化炭素と水素の混合ガスを供給するシステムに比べ、発電効率を高めることができる。

【0074】また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物の液体よりなるため、給油などの際にも取り扱い易い有機系化合物液体方式とすることができる。このため、純水素を供給可能な公知の水素供給方式、例えば高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などに比べ、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う必要がないので、燃料の取り扱い易い水素供給方式となる。また、常温で液体である反応生成物は、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより比較的容易に水素と分離できるので、反応生成物の回収がし易い。

【0075】(2) 純水素供給方式には従来より水素吸蔵合金方式、液体水素貯蔵方式および高圧水素貯蔵方式がある。例えば水素吸蔵合金方式に比べ水素吸蔵合金のような重量物がないので軽量のシステムにすることができる。また、液体水素貯蔵方式に比べエネルギーロスが少ないうえ取扱容易性およびインフラ整備の面で有利な燃料電池システムFCSを提供できる。さらに高圧水素貯蔵方式に比べタンク容積を大幅に小型化できるので、コンパクトな燃料電池システムFCSを提供できる。すなわち、従来の純水素供給システムに比べ、重量、容積、取扱性、インフラ整備面およびエネルギーロス面等について総合的評価で適度に満足できる燃料電池システムFCSを提供することができる。

10

20

30

40

50

【0076】(3) 例えば車両に燃料電池システム FCS を搭載する場合、必要走行距離 (例えば 400 km) を確保することができる水素供給能力をもつシステムとする必要があるが、この場合にシステムに必要な容積および重量が相対的に小さく済む。よって、車載用の燃料電池システム FCS として実用的である。

【0077】(4) 回収液であるアセトンは燃料タンク 10 内の伸縮式容器 12 からなる可動仕切りで区画された回収室 14 に貯蔵され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように燃料タンク 10 内の二室 13, 14 の容積が自律調整される。この結果、アセトンを保管する回収液保管方式のシステムであるものの、燃料タンク 10 のタンク容積を回収液の保管スペースとして有効に活用するので、システムに必要なタンク容積を相対的に小さく済ませることができる。この点からもシステムの容積効果が大きく、燃料電池システム FCS の小型化に寄与する。

【0078】(5) 脱水素反応器 (吸熱反応器) 24 と水素化反応器 (発熱反応器) 26 を有する循環管路 21 を通る系は、水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプ HP を構成し、燃料電池 1 の廃熱は、このケミカルヒートポンプ HP により約 200℃ に昇温されてから排熱される。つまり、ラジエータとして機能する水素化反応器 26 の約 200℃ の温度とその周辺外部環境温度 (例えば 30~50℃) との温度差が大きいので、水素化反応器 26 が冷風機 30 により冷却されるときに冷却効率が高くなる。その結果、従来技術において燃料電池を冷却するための約 80℃ の冷却水温の排熱をするラジエータに比べ、ラジエータ部分が小型で済む。よって、従来の燃料電池システムにおいて、その大型化の原因であったラジエータ部分が小型になるので、小型の燃料電池システム FCS となる。

【0079】(6) 反応生成物 (アセトン) は水素に比べ分子量が大きいので、気液分離後の気体から微量の反応生成物を除去するために水素分離膜 34 を使用するが、従来方式であるメタノール水蒸気改質などのように水素と CO を分離するのに比べ、水素分離膜 34 として透過孔の大きな膜材質のものを使用することができる。その結果、水素分離膜 34 の単位面積当たりの水素透過流量を多くでき、水素分離膜 34 の表面積を小さくできるので、水素分離膜 34 の小型化を図り易くなる。

【0080】(7) 水素化反応器 26 によるアセトン水素化反応によって燃料である IPA を再生するので、水素を有効利用でき、燃料単位当たりの発電量を高めることができる。例えば車載用燃料電池システム FCS として使用する場合、燃料単位当たりの走行距離を延ばしたり、システムの小型化に寄与できる。

【0081】(第 2 の実施形態) 以下、本発明を具体化した第 2 の実施形態を図 4~図 7 に従って説明する。本実施形態の燃料電池システム FCS は、燃料電池 1 の冷

却系と、水素供給システム 2 の構成および使用する燃料などが前記第 1 の実施形態と異なる。燃料電池 1 の冷却系にはケミカルヒートポンプを採用し、ケミカルヒートポンプの吸熱によって燃料電池 1 を冷却する方式を採用する。燃料電池 1 の作動温度で吸熱反応を起こす有機化学物質を利用した流体系のケミカルヒートポンプを採用し、そのうち特に水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを選び、本例で使用する燃料電池 1 の作動温度約 80℃ に吸熱反応温度をもつ IPA/アセトン/H₂ 系 (以下、単に IPA/アセトン系という) のケミカルヒートポンプを採用する。

【0082】一方、水素を分離生成するための燃料として使用する含水素有機系化合物には、燃料電池冷却系のケミカルヒートポンプの発熱 (排熱) を熱源として利用して脱水素反応を進めることができ、しかも水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを構築可能な有機系化学物質を使用する。本例では冷却系ケミカルヒートポンプが IPA/アセトン系のケミカルヒートポンプであってその発熱温度が約 200℃ なので、この温度で脱水素反応 (吸熱反応) を起こす有機系化学物質のうちシクロヘキサンを燃料として使用する。そして水素生成反応系部分にシクロヘキサン/ベンゼン/H₂ 系 (以下、単にシクロヘキサン/ベンゼン系という) のケミカルヒートポンプを構築する。シクロヘキサンを燃料として採用する他の理由としては、燃料 1 モル当たりに得られる水素の生成モル数が多いことが挙げられる。

【0083】IPA/アセトン系のケミカルヒートポンプと、シクロヘキサン/ベンゼン系のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。すなわち、低温側ケミカルヒートポンプの発熱と高温側ケミカルヒートポンプの吸熱とを熱交換可能に繋ぎ、燃料電池 1 の冷却に使用される低温側ケミカルヒートポンプの排熱温度を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、より高温で排熱を行うようにしている。

【0084】燃料電池システム FCS が使用される対象および燃料電池の発電方式の種別は、前記第 1 の実施形態と同様である。すなわち、燃料電池システム FCS は車両用電源や家庭用自家発電装置として使用され、燃料電池 1 は固体高分子型燃料電池である。図 4 に示すように燃料電池システム FCS は、燃料電池 1 と、燃料電池 1 に水素を供給するための水素供給システム 2 とを備える。なお、燃料電池 1 の空気供給系 (空気供給システム) については図示を省略している。

【0085】まず燃料電池冷却系 CS は、タンク 50 と、タンク 50 に入口と出口が接続されるとともに燃料電池 1 の内部を経由する循環管路 51 と、循環管路 51 上に設けられたポンプ 52、熱交換器 53、脱水素反応器 (吸熱反応器) 54、熱交換器 55、水素化反応器

10

20

30

40

50

(発熱反応器) 56 および凝縮器 57 とを有する。吸熱反応手段としての脱水素反応器 54 は燃料電池 1 に内蔵されている。燃料電池冷却系 CS は IPA/アセトン系のケミカルヒートポンプ HP1 を構成し、その基本回路構成は前記第 1 の実施形態における IPA/アセトン系のケミカルヒートポンプと同様である。また、脱水素反応器 54 および水素化反応器 56 に使用できる触媒も同様である。なお、第 1 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ HP1 により構成される。

【0086】燃料電池 1 には温度センサ 58 が設けられ、燃料電池 1 が作動温度になってから温度センサ 58 の検出値に基づいて制御部 C6 によりポンプ 52 は駆動される。また、水素化反応器 56 には温度センサ 59 が設けられ、制御部 C7 により温度センサ 59 の検出値に基づいてヒータ 60 が制御され、水素化反応器 56 の内部温度が水素化反応温度 (約 200℃) に調節されるようになっている。

【0087】脱水素反応器 54 を燃料電池 1 に内蔵する具体的構造としては、セパレータ 3 を燃料側と空気側の 2 部品に分け、両部品間に脱水素反応器 54 を挟み込む挟持方式や、セパレータ 3 を構成する 2 部品の接合界面上に脱水素反応器 54 の反応通路を直接形成する一体方式を採用することができる。

【0088】図 5 は燃料電池 1 に内蔵された挟持方式の脱水素反応器 54 の組付構造を示す。燃料電池 1 はセパレータ 3、電極 4、5 及び電解質膜 6 からなるセルが多層に積層された構造をとり (図 2 を参照)、脱水素反応器 54 がセパレータ 3 を燃料側と空気側との 2 部品に分けた 2 つのセパレータ部品 3a、3b の間に挟持された構造をとる。

【0089】脱水素反応器 54 には例えば図 6 に示すチューブ式冷却板が使用される。図 6 に示すように、冷却板 61 はアルミニウムなどの金属からなるプレス成形品からなり、その基板 62 の内部には蛇行する経路のチューブ 63 が形成されている。基板 62 から延出するチューブ 63 の両端部により、燃料流入部 63a と燃料流出部 63b が形成されている。チューブ 63 の内部には脱水素化反応のための触媒が担持されている。冷却板 61 がセパレータ部品 3a、3b に挟持された組付状態では、反応通路となるチューブ 63 がセパレータ 3 の燃料極面と空気極面との間を通るように配置される。

【0090】また、図 7 は燃料電池 1 に内蔵された一体方式の脱水素反応器 54 の組付構造を示す。燃料電池 1 はセパレータ 3、電極 4、5 及び電解質膜 6 からなるセルが多層に積層された構造をとり (図 2 を参照)、脱水素反応器 54 はセパレータ 3 を燃料側と空気側との 2 部品に分けた両セパレータ部品 3c、3d を接合することによって、両セパレータ部品 3c、3d の接合面上に加工された溝通路によって形成されている。

【0091】図 8 はセパレータ部品 3c (3d) を示

す。セパレータ部品 3c (3d) は、例えばカーボン等の材質からなる基板 65 を備える。基板 65 には燃料流路 66 と水素流路 67 と空気流路 68 の三路が厚さ方向に貫通して形成されている。燃料流路 66 と水素流路 67 と空気流路 68 は流入用と流出用とのそれぞれ 1 つずつ形成され、基板 65 は燃料流路 66 の流入口 66a と流出口 66b、水素流路 67 の流入口 67a と流出口 67b、および空気流路 68 の流入口 68a と流出口 68b を有する。基板 65 の表面には燃料流路 66 の流入口 66a 及び流出口 66b と連通する状態で格子状の経路をとる溝 65a が刻設されている。セパレータ部品 3c と接合されるもう一方のセパレータ部品 3d にはその相対面に溝 65a と同形状の溝 (図示せず) が形成され、両溝の接合により反応管路 69 が形成される。反応管路 69 の内部には脱水素反応用の触媒が担持されている。反応通路となる反応管路 69 はセパレータ 3 の燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータ 3 の内部に形成される。

【0092】このセパレータ 3 が燃料電池 1 に組み込まれた状態では、三本の流路 66、67、68 は燃料電池 1 をセル列方向に貫通し、水素流路 67 は各セルの燃料極に連通され、空気流路 68 は各セルの空気極に連通されるようになっている。各セパレータ部品 3c、3d の反応管路 69 (溝 65a) と反対側の面上、すなわち燃料極面と空気極面には水素流路および空気流路となる多列の溝がそれぞれ直交する向きに形成されている (図 2 を参照)。なお、図 5 および図 7 では、脱水素反応器 54 が燃料電池 1 のセル間にセル複数個おきに配置されているが、各セパレータ 3 を脱水素反応器内蔵型の構成とすることもできる。

【0093】また、タンク 50 に接続された管路 70 の先端が循環管路 51 の水素化反応器 56 の上流側にて接続されている。管路 70 上にはコンプレッサ CP2 が設けられ、タンク 50 に設けられた圧力センサ (図示せず) の検出値に基づいて制御部 C6 によりタンク 50 の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサ CP2 が駆動される。

【0094】次に水素供給系について説明する。水素供給系は、シクロヘキサン/ベンゼン系のケミカルヒートポンプ HP2 と、脱水素反応後の水素・ベンゼン混合ガスから純水素を分離する水素分離系 HS とを備える。なお、第 2 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ HP2 により構成される。

【0095】燃料タンク 10 は前記第 1 の実施形態と同様の構造であり、タンク 11 内に収納された伸縮式容器 12 によりタンク 11 内は燃料室 13 と回収室 14 との二室に区画されている。本実施形態も、燃料の脱水素反応生成物を回収して保管する回収液保管方式を採用する。

【0096】燃料となるシクロヘキサン C_6H_{12} の脱水

10

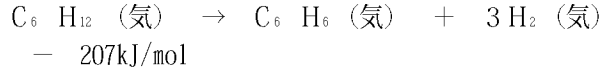
20

30

40

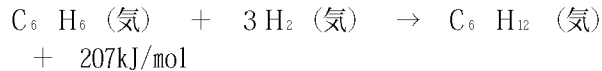
50

素反応は次式で示される。



上式のようにシクロヘキサンは脱水素反応によりベンゼン C_6H_6 と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は約 200°C で進む吸熱反応である。

【0097】また、ベンゼンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は約 350°C で進む発熱反応である。

【0098】上記の水素化脱水素反応を利用したシクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプHP2は次のように構成される。燃料タンク10の燃料室13は管路71を通じて補助タンク73と接続され、管路71上に設けられたポンプ72によって補助タンク73へシクロヘキサン液が送られる。ケミカルヒートポンプHP2は、補助タンク73と、補助タンク73に入口と出口を接続する循環管路74と、循環管路74上に設けられたポンプ75、熱交換器76、脱水素反応手段としての脱水素反応器77、熱交換器78、2つの圧縮機79、水素化反応器80、減圧弁81および凝縮器82とを備えている。

【0099】脱水素反応器77および水素化反応器80の内部は触媒担持されている。触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器80ではベンゼン水素化反応（発熱反応約 350°C ）によりシクロヘキサン、ベンゼン及び水素の平衡混合物が得られ、その顕熱は熱交換器78によってベンゼン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器76によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【0100】脱水素反応器77の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池1の冷却用に使用するIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプHP1の発熱（排熱）を利用する。この冷却用ケミカルヒートポンプHP1の水素化反応器（発熱反応器）56と脱水素反応器77は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプHP1の発熱温度約 200°C で脱水素反応器77内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器77の内部温度も温度センサ59の検出値に基づく制御部C7によるヒータ60の制御により、脱水素反応温度（約 200°C ）に調節されるようになっている。なお、脱水素反応器用のヒータを別途設けることもできる。また、水素化反応器56および脱水素反応器77により構成される熱交換器には、例えばプレート型触媒反応器が使用される。

【0101】2つの圧縮機79は、水素化反応器80に送る水素およびベンゼンガスを高圧（例えば約 20 気圧）に圧縮するためのものである。また、水素化反応器80には温度センサ84が設けられ、ヒータ85及び冷

風機86が温度センサ84の検出値に基づいて制御部C8により制御されることにより、その加熱・冷却作用によって水素化反応器80の内部温度が約 350°C の水素化反応温度に調節されるようになっている。なお、水素化反応器80及び冷風機86により排熱手段が構成される。

【0102】ベンゼン水素化反応後のシクロヘキサン、水素およびベンゼンの平衡混合物は、各熱交換器78、76を通るときに降温されるとともに減圧弁81で減圧されてから凝縮器82でシクロヘキサン（沸点 81°C ）及びベンゼン（沸点 80°C ）が液化された状態で、補助タンク73に還流される。

【0103】循環管路74には脱水素反応器77と熱交換器78との間で分岐する管路87が接続されており、管路87は気液分離器88に接続されている。管路87上には流量制御弁（MFC）89および凝縮器90が設けられている。シクロヘキサン脱水素反応後に管路87を通して送られる水素及びベンゼンは、管路87上の途中に設けられた凝縮器90によってベンゼン（沸点 80°C ）が液化された状態で気液分離器88に送られ、気液分離器88にベンゼン液が貯留される。

【0104】気液分離器88には水素分離膜（水素透過膜）91が設けられ、その水素分離膜91を隔てた下流側の室には水素供給管路92が接続されている。気液分離器88からは水素分離膜91を通り抜けた純水素が水素供給管路92を通じて燃料電池1に排出されるようになっている。水素供給管路92上には減圧弁93および流量制御弁（MFC）94が設けられている。電力消費があつて制御部C6により発電の必要があると判断されると、流量制御弁94が開弁されて要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給される。減圧弁93は流量制御弁94の上流側で水素の圧力を減圧する。なお、気液分離手段は、管路87、92、97、凝縮器90、気液分離器88、水素分離膜91及びポンプ98等から構成されるまた、気液分離器88内の水素の圧力を検出する圧力センサ95の検出信号に基づき制御部C9により流量制御弁89は制御され、気液分離器88には常に設定圧以上の水素が蓄えられるようになっている。補助タンク73内の液量（シクロヘキサン主成分液）は、流量制御弁89が開かれてベンゼン及び水素が管路87を通してヒートポンプHP2の系から排出された分だけ減少する。補助タンク73に設けられた液面センサ96の検出信号に基づき補助タンク73内の液量が設定量を下回ると判断されると制御部C10によりポンプ72が駆動され、燃料タンク10の燃料室13から補助タンク73へシクロヘキサンが補給される。

【0105】また、気液分離器88と燃料タンク10の回収室14とを繋ぐ管路97上にはポンプ98が設けられている。気液分離器88にはベンゼン液量を検出する

10

20

30

40

50

液面センサ99が設けられ、制御部C9は液面センサ99の検出信号に基づきポンプ98を駆動し、気液分離器88内のベンゼン液量が設定量を超えないようにベンゼンを燃料タンク10の回収室14へ送るようになっている。

【0106】また、補助タンク73に接続された管路74aの先端が循環管路74の水素化反応器80の上流側にて接続されている。管路74a上にはコンプレッサCP3が設けられ、補助タンク73に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部C10により補助タンク73の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサCP3が駆動される。

【0107】上記のように構成される燃料電池システムFCSは次のように作動する。燃料電池システムFCSが装備される例えば車両または家庭用自家発電装置で電力消費があると流量制御弁94が開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、気液分離器88内から燃料電池1の燃料極に要求発電量に応じた流量で純水素が供給され、これと同時に空気極には空気供給装置から空気が供給され、燃料電池1の内部では発電が行われ

る。

【0108】燃料電池1に設けられた温度センサ58の検出温度に基づいて制御部C6によりポンプ52が駆動され、脱水素反応器54には燃料電池1が作動温度に保たれる流量でIPAが送られる。脱水素反応器54内の吸熱反応によって燃料電池1は冷却されて作動温度に調節される。

【0109】燃料電池1の廃熱はその冷却用（IPA／アセトン系）ケミカルヒートポンプHP1により昇温され、その水素化反応器56の約200℃の発熱（排熱）が熱交換を介して脱水素反応器77に与えられ、シクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用される。

【0110】脱水素反応器77ではシクロヘキサンの脱水素反応（吸熱反応）が行われ、水素とベンゼンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇温されて約350℃近くにして水素化反応器80に送られ、ここでベンゼンの水素化反応が行われてシクロヘキサンが再生される。ベンゼン水素化反応後の平衡混合物ガスは各熱交換器78、76で冷却されるとともに減圧弁81により減圧されてから凝縮器82を通過して補助タンク73に還流される。補助タンク73にはシクロヘキサン及び未反応ベンゼンからなる液体が貯留される。

【0111】一方、シクロヘキサン脱水素反応後の水素及びベンゼンは、気液分離器88内の水素ガス圧が低くなって流量制御弁89が開かれたときに凝縮器90を通過して気液分離器88に送られる。気液分離器88には凝縮器90で液化されたベンゼンが貯留される。気液分離器88に液化分離されたベンゼン液はポンプ98の駆動によって燃料タンク10の回収室14に回収される。気液分離器88に蓄えられた水素は水素分離膜91を透過

し、純水素のみが燃料電池1に送られる。

【0112】この実施形態によれば第1の実施形態で述べた（1）～（4）の効果が同様に得られる。すなわち燃料は異なるものの、燃料の脱水素反応で水素を得る方式で、脱水素反応後の反応生成物（ベンゼン）を液体で回収する回収液保管方式を採用することにより燃料電池1に純水素を供給できるので、前記（1）～（3）の効果が同様に得られる。また燃料タンク10は伸縮式容器12を内蔵する可動仕切り構造なので、前記（4）の効果が同様に得られる。さらにベンゼンの水素化反応により燃料であるシクロヘキサンを再生するので、前記

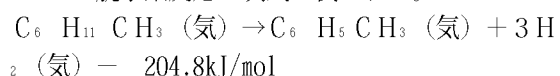
（6）、（7）の効果が同様に得られる。その他、次の効果が得られる。

【0113】（8）燃料電池1の廃熱を冷却用ケミカルヒートポンプHP1により約200℃に昇温し、さらに高温側ケミカルヒートポンプHP2により約350℃に昇温してから排熱されるので、ラジエータとして機能する水素化反応器80の排熱温度が約350℃とさらに高く、ラジエータ機能部分の排熱温度とその周辺外部環境温度（例えば30～50℃）との温度差をさらに大きくすることができる。よって、水素化反応器80が冷風機86により冷却されるときに排熱効率が高くなる。その結果、第1の実施形態よりもラジエータ部分を一層小型にでき、さらに小型の燃料電池システムFCSを提供できる。また、脱水素反応器54はその反応通路となるチューブ63または反応管路69がセパレータ3の燃料極面と空気極面との間を通過する挟持方式または一体方式の構造でセパレータ3と一体的に設けられているので、燃料電池1に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに、燃料電池1からの吸熱効率を高めることができる。

【0114】（9）燃料1モル当たりの水素発生モル数の多いシクロヘキサンを燃料として使用するので、例えば燃料電池システムFCSを車載用に使用する場合、必要走行距離を確保するのに必要な燃料容積を、前記第1実施形態で使用したIPAを燃料とする構成に比べ少なくすることができる。よって、燃料タンク10の小型化により燃料電池システムを一層小型化することができる。

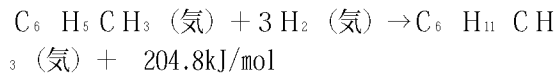
【0115】（第3の実施形態）次に第3の実施形態を図9に従って説明する。本実施形態では燃料電池1の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温した高温の排熱を利用して発電をする。本実施形態では含水素有機系化合物の燃料としてメチルシクロヘキサンを使用する。

【0116】燃料となるメチルシクロヘキサンC₆H₁₁CH₃の脱水素反応は次式で表される。



上式のようにメチルシクロヘキサンは脱水素反応によりトルエンC₆H₅CH₃と水素H₂に分離する。この脱水素反応は約200℃で進む吸熱反応である。

【0117】また、トルエンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は約350℃で進む発熱反応である。

【0118】本実施形態では、二段のケミカルヒートポンプを構築する点は前記第2の実施形態と同様である。すなわち燃料電池冷却用に採用するIPA/アセトン系のケミカルヒートポンプと、水素生成用に採用するメチルシクロヘキサン/トルエン/H₂系（以下、単にメチルシクロヘキサン/トルエン系という）のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。そして、本実施形態では、燃料電池1の冷却用に使用される低温側ケミカルヒートポンプの発熱（排熱）を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、その高温度の排熱を発電に利用する。

【0119】燃料電池1の冷却用に使用する低温側ヒートポンプは前記第2の実施形態と同様である。燃料電池1の廃熱はその冷却用の低温側ケミカルヒートポンプにより昇温され、その発熱側である水素化反応温度約200℃の排熱を熱交換を介して高温側ケミカルヒートポンプの吸熱側であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用する。

【0120】燃料電池冷却系は前記第2の実施形態と同様で、タンク50と、タンク50に入口と出口が接続されるとともに燃料電池1の内部を経由する循環管路51と、循環管路51上に設けられたポンプ52、熱交換器53、脱水素反応器（吸熱反応器）54、熱交換器55、水素化反応器（発熱反応器）56および凝縮器57とを備えている。脱水素反応器54には前記第2の実施形態で述べた図5～図8に示すいずれかの構造が使用されている。

【0121】燃料電池1には温度センサ58が設けられ、燃料電池1が作動温度になってから温度センサ58の検出値に基づいて制御部C6によりポンプ52が駆動される。また、水素化反応器56には温度センサ59が設けられ、水素化反応器56の内部温度が水素化反応温度（約200℃）になるように制御部C7によりヒータ60が制御されるようになっている。また、タンク50に接続された管路70の先端が循環管路51の水素化反応器56の上流側にて接続され、管路70上に設けられたコンプレッサCP2が、タンク50に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部C6により駆動されることによってタンク50の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【0122】次に水素供給系について説明する。水素供給系は、メチルシクロヘキサン/トルエン系のケミカルヒートポンプHP2と、脱水素反応後の水素・トルエン混合ガスからトルエンを液化分離することにより純水素

を分離する水素分離系HSとを備える。燃料タンク10は、前記第1の実施形態と同様の構造であり、タンク11内に収納された伸縮式容器12により燃料室13と回収室14との二室に区画されている。タンク11には給油口と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、燃料室13のメチルシクロヘキサンは給油口から供給されるとともに、回収室14のトルエンは排液口から外部に排出されるようになっている。本実施形態も、燃料であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応生成物であるトルエンを回収して保管する回収液保管方式を採用する。燃料であるメチルシクロヘキサン及び反応生成物であるトルエンは共に常温で液体である。

【0123】燃料タンク10の燃料室13は管路100を通じて補助タンク101に接続され、管路100上に設けられたポンプ102によって補助タンク101へメチルシクロヘキサン液が送られるようになっている。メチルシクロヘキサン/トルエン系のケミカルヒートポンプHP2は、脱水素反応系部分と水素化反応系部分とから構成される。

【0124】脱水素反応系部分は、補助タンク101と、補助タンク101に入口を接続する管路103と、管路103上に設けられたポンプ104、熱交換器105、脱水素反応手段としての脱水素反応器106および凝縮器107とを備えている。管路103の出口は気液分離器108に接続されている。脱水素反応器106ではメチルシクロヘキサンの脱水素反応が冷却用（低温側）ケミカルヒートポンプHP1の発熱（排熱）を熱源に利用して行われ、トルエン・水素混合気体が生成される。この冷却用ケミカルヒートポンプHP1の水素化反応器（発熱反応器）56と脱水素反応器106は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプHP1の発熱温度約200℃で脱水素反応器106内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器106の内部温度は温度センサ59の検出値に基づく制御部C7によるヒータ60の制御により脱水素反応温度（約200℃）に調節されるようになっている。脱水素反応後の混合気体の顕熱は熱交換器105によってメチルシクロヘキサンの予熱に使われる。凝縮器107ではトルエンが液化され、気液分離器108にはトルエン（沸点111℃）が液化分離される。脱水素反応器106の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。なお、第1のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP1により構成され、第2のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP2により構成される。

【0125】気液分離器108は管路109を通じて補助タンク101に接続されている。管路109上には凝縮器110が設けられている。気液分離器108内の水素を含むガスは管路109を通過して補助タンク101に送られる。

10

20

30

40

50

【0126】補助タンク101には水素分離膜（水素透過膜）111が設けられ、その水素分離膜111を隔てたその下流側の室には水素供給管路112が接続されている。水素分離膜111を通り抜けた純水素は水素供給管路112を通じて燃料電池1に供給されるようになっている。水素供給管路112上には減圧弁113および流量制御弁（MFC）114が設けられている。流量制御弁114は制御部C6により発電が必要と判断されたときに開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁113は流量制御弁114の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0127】一方、水素化反応系部分は、気液分離器108と、気液分離器108に入口と出口を接続する循環管路115と、循環管路115上に設けられたポンプ116、水素化反応器117、熱交換器118、減圧弁119および凝縮器120とを備えている。循環管路115にはポンプ116と水素化反応器117との間に、水素供給管路112から分岐した水素供給管路121が接続されている。水素供給管路121上には、2つの圧縮機122が設けられている。水素は2つの圧縮機122により高圧（例えば約20気圧）に圧縮されてから水素化反応器117の上流側に供給されるようになっている。また、水素化反応器117には温度センサ123が設けられ、管路115に設けられたヒータ124が温度センサ123の検出値に基づいて制御部C11により制御されることにより、その加熱によって水素化反応器117の内部温度が約350℃の水素化反応温度に調節されるようになっている。

【0128】水素化反応器117の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器117ではトルエン水素化反応（発熱反応：約350℃）によりメチルシクロヘキサン、トルエン及び水素の平衡混合物が得られる。つまり、水素化反応器117でトルエンの水素化反応が行われることによりメチルシクロヘキサンが再生される。水素化反応後の平衡混合ガスの顕熱は熱交換器118によって水素の予熱に使われる。トルエン水素化反応後の平衡混合ガスは、熱交換器118を通るときに降温されるとともに減圧弁119により減圧されてから凝縮器120でトルエン（沸点111℃）が液化された状態で、気液分離器108に還流される。

【0129】気液分離器108では未反応トルエン（沸点111℃）が液化され、メチルシクロヘキサンガス（沸点101℃）は管路109を通じて補助タンク101に送られる。管路109上の途中に設けられた凝縮器110でメチルシクロヘキサンは液化されて補助タンク101に貯留される。

【0130】補助タンク101には液面センサ125が設けられ、液面センサ125の検出信号に基づき管路1

00上のポンプ102が制御部C12により駆動されることによって、補助タンク101には常時設定量（設定液面）以上のメチルシクロヘキサン液が蓄えられている。

【0131】また、気液分離器108にはトルエン液を排出するための管路126が燃料タンク10の回収室14との間に接続されている。気液分離器108に溜まったトルエン液は、その液面を検出する液面センサ127の検出信号に基づき管路126上のポンプ128が制御部C13により駆動されることによって、設定量（設定液面）を超えた分量については燃料タンク10の回収室14に送られるようになっている。なお、気液分離手段は、凝縮器110、120、気液分離器108、補助タンク101、水素分離膜111、管路112、126、ポンプ128等により構成される。

【0132】水素化反応器117の排熱は、発電システムGSの熱源に使用される。発電システムGSは、タンク130と、タンク130に入口と出口を接続する循環管路131と、循環管路131上に設けられたポンプ132、水蒸気発生器（受熱器）133、スクロール式膨張機134および凝縮器135と、熱機関としてのスクロール式膨張機134に駆動連結された発電機136とを備えている。ポンプ132は水素化反応器117に設けられた温度センサ123の検出信号に基づき制御部C11により駆動制御される。水素化反応器117と水蒸気発生器133は熱交換器を構成し、水素化反応器117内の発熱反応熱を熱源として水蒸気発生器133では水から水蒸気が生成される。スクロール式膨張機134は水蒸気により駆動され、その駆動力により発電機136が駆動されて発電が行われる。発電機136により発電された電力は図示しないバッテリーに蓄えられ、燃料電池システムFCSの供給電力として使用されるようになっている。なお、排熱手段及び発電手段は、水素化反応器117、タンク130、循環管路131、ポンプ132、水蒸気発生器133、スクロール式膨張機134、凝縮器135及び発電機136により構成される。

【0133】この実施形態によれば、第2の実施形態と同様に（1）～（4）、（6）、（9）の効果が得られる。その他、次の効果が得られる。（10）排熱を利用して発電をするので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。また、密閉式であるスクロール式膨張機を使用するので、開放式のタービンに比べ回転速度の高低によらず広い回転数域で高い機械効率を得られる。

【0134】（第4の実施形態）以下、本発明を具体化した第4の実施形態を図10、図11に従って説明する。

【0135】本実施形態の燃料電池システムFCSは、脱水素反応後の反応生成物を回収した回収液をバーナで燃焼させ、脱水素反応の熱源として利用する。燃料電池1の冷却には従来同様に冷却水によるラジエータを使用

10

20

30

40

50

する。

【0136】図10に示すように燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、水素供給システム2を備える。水素供給システム2はIPAを燃料としてその脱水素反応により水素を生成し、燃料電池1に供給するとともに、その反応生成物であるアセトンは前記第1の実施形態と同様に回収して保管する。なお、燃料電池1の空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。

【0137】燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク140は、タンク141と、タンク141の内部を上下二室に区画するようにタンク141内に設けられた可動仕切としての隔膜142とを備える。タンク141内には、隔膜142の下側に燃料室13が、隔膜142の上側に回収室14が区画されている。隔膜142は例えば燃料に対して高い耐油性を有するゴムからなる。図11(a)に示すように、燃料が多いときは隔膜142は上方へ凹むように弾性変形をし、燃料室13の容積が広くなるとともに回収室14の容積が狭くなる。図11(b)に示すように、燃料が少ないときは隔膜142は下方へ凹むように弾性変形をし、燃料室13の容積が狭くなるとともに回収室14の容積が広がる。つまり、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように隔膜142が変形して両室13、14の容積を変化させる。なお、図11の方式の燃料タンク140に水素分離膜155を設けて本実施形態では使用している。

【0138】水素供給システム2は、燃料タンク140と、燃料タンク140の燃料室13に入口が接続されるとともに出口が気液分離器147に接続された管路143と、管路143上に設けられたポンプ144、脱水素反応手段としての脱水素反応器145および凝縮器146とを有する。脱水素反応器145に使用できる触媒は第1の実施形態と同様である。

【0139】脱水素反応器145でのIPAの脱水素反応により生成された水素及びアセトンは、凝縮器146でIPA（沸点81℃）が液化された状態で気液分離器147に送られる。気液分離器147に接続された管路148は、管路143に対しポンプ144と脱水素反応器145との間において接続されている。管路148上にはポンプ149が設けられ、気液分離器147に設けられた液面センサ150の検出値に基づき液面が設定液面以上になると、制御部C15によりポンプ144に替えてポンプ149が駆動され、気液分離器147のIPAが脱水素反応器145に供給されるようになっている。

【0140】気液分離器147に接続された管路151は気液分離器152に接続され、管路151上には凝縮器153が設けられている。気液分離器147内のガスは管路151を通過して途中の凝縮器153でアセトン

（沸点56℃）が液化され、気液分離器152にはアセトンが液化分離される。気液分離器152内のガスは管路154を通過して燃料タンク140の回収室14に送られ、気液分離器152内のアセトンは所定液面に達すると管路154を通過して燃料タンク140の回収室14に流れ込む。

【0141】燃料タンク140の回収室14には水素分離膜155が設けられ、水素分離膜155を隔てた下流側の室には管路156が接続されている。管路156上には減圧弁157および流量制御弁158が設けられている。制御部C15は発電が必要であると判断すると、流量制御弁158を開くとともに要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給される。減圧弁157は流量制御弁158の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0142】燃料タンク140の回収室14には水素の圧力を検出するための圧力センサ159が設けられ、圧力センサ159の検出値に基づいて水素の圧力が設定値未満になると、制御部C15によりポンプ144又はポンプ149が駆動され、IPAが脱水素反応器145に供給されるようになっている。なお、気液分離手段は、燃料タンク140、凝縮器146、153、気液分離器147、152、管路143、151、154、水素分離膜155等により構成される。

【0143】燃料タンク140の回収室14に接続された管路160は、燃焼手段としてのバーナ161に接続されており、管路160上にはポンプ162が設けられている。バーナ161は脱水素反応器145の近傍に位置し、圧力センサ159の検出値に基づく判断により、回収室14の水素の圧力がポンプ144（149）の駆動開始設定圧以下になると、制御部C15によりポンプ162が駆動されるとともにバーナ161が着火されるようになっている。脱水素反応器145には温度センサ163が設けられ、温度センサ163の検出値に基づき脱水素反応器145の内部温度が燃料（IPA）の脱水素反応温度約80℃になるように制御部C15によりポンプ162の回転速度が制御され、バーナ161に供給されるアセトン量が調節されるようになっている。よって、回収液（アセトン）の一部はバーナ161で燃焼されることで脱水素反応器145の熱源として利用される。なお、バーナ161の燃焼熱を低温起動時等の補助熱源として利用することも可能である。

【0144】この実施形態では燃料にIPAを使ってその回収液であるアセトンを燃焼させる方式を採用したが、燃料はIPA以外であってもよく、シクロヘキサンやメチルシクロヘキサンを燃料として使用することもできる。この場合は、IPAとは燃料の脱水素反応温度が異なるので、脱水素反応器の内部温度が燃料に使用する含水素有機系化合物の脱水素反応温度となるように温度センサ163の検出値に基づいて制御部C15によりバ

一ナ 161 の燃焼を制御すればよい。

【0145】この実施形態によれば、前記第 1 の実施形態で述べた (1) の効果の中で燃焼によって発生する CO_2 は大気に排出されるが、従来のメタノール改質よりも排出量は少なく、それ以外は (1) と同等の効果が得られると共に、(2)～(4) の効果が同様に得られる。すなわち CO_2 が混入しない純水素供給方式でありながら、小型、軽量、取扱容易性、インフラ整備面などの総合評価で従来知られる他方式の燃料電池システムに比べ優れている。よって車載用の燃料電池システムとしてより実用的であり、さらに回収液保管方式でありながら隔膜式の燃料タンク 140 を使用することによってタンク容積を小さく抑えることができ、システム全体の小型化にも寄与する。さらに以下の効果が得られる。

(10) 回収液を燃焼させて脱水素反応器 145 の熱源とするので、回収液を有効利用できる。また、例えば車載用に使用する場合、回収液の燃焼消費による減量によって走行距離を延ばす方向に寄与する。

【0146】(第 5 の実施形態) 次に第 5 の実施形態を図 12 に基づいて説明する。この実施形態は、前記第 3 の実施形態のように燃料電池 1 の廃熱を利用して発電をする場合の他の発電方式を採用する例で、ゼーベック効果を利用した発電方式を採用する。

【0147】図 12 に示すように、例えばケミカルヒートポンプ HP2 を構成する水素化反応器 117 に対し伝熱板 170 を介した状態で発電手段としての熱発電素子 171 を配置する。熱発電素子 171 は、高温側電極 172 と、2 つの低温側電極 173、174 と、高温側電極 172 と低温側電極 173 間に挟まれた n 型半導体 175 と、高温側電極 172 と低温側電極 174 間に挟まれた p 型半導体 176 とから構成される。そして各低温側電極 173、174 が配線 177、178 を介してバッテリー 179 のマイナス電極およびプラス電極にそれぞれ接続されている。

【0148】水素化反応器 117 の発熱による熱が伝熱板 170 を介して伝えられて高温側電極 172 が加熱されて高温側電極 172 が高温になり、低温側電極 173、174 との間に温度差が生じると、起電力が発生し、バッテリー 179 が充電される。

【0149】よって、この実施形態によれば、前記第 3 の実施形態と同様の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

(11) 熱発電素子 171 を使用すれば、水蒸気発電方式に要求される排熱温度に比べ低い温度レベルの排熱温度であっても十分発電をすることができる。

【0150】(第 6 の実施形態) 次に第 6 の実施形態を図 13 に基づいて説明する。この実施形態は、第 2 の実施形態の変形例である。第 2 の実施形態では二段のケミカルヒートポンプを構築して高温で排熱する方式を採用したが、この実施形態では冷却用ケミカルヒートポンプ

のみの一段とし、水素生成系は燃料の脱水素反応のみで水素化反応は行わない構成としている。燃料の脱水素反応後の反応生成液を回収して保管する回収液保管方式である点は同じである。

【0151】図 13 に示すように、燃料電池 1 を冷却するための燃料電池冷却系 CS の構成は、第 2 の実施形態と基本的に同じであり、IPA/アセトン系のケミカルヒートポンプ HP1 を構築した構成である。この例では水素化反応器の下流域にラジエータを加えている。なお、ケミカルヒートポンプ HP1 は第 1 のケミカルヒートポンプを構成する。

【0152】燃料電池システム FCS を構成する水素供給システム 2 は、燃料電池冷却系 CS と水素供給系 HS を備える。燃料電池冷却系 CS は、タンク 50 と、タンク 50 に入口と出口が接続されるとともに燃料電池 1 の内部を経由する循環管路 51 と、循環管路 51 上に設けられたポンプ 52、熱交換器 53、脱水素反応器 (吸熱反応器) 54、熱交換器 55、水素化反応器 (発熱反応器) 56、ラジエータ 180 および凝縮器 57 とを有する。脱水素反応器 54 は燃料電池 1 に内蔵されている。また、ラジエータ 180 の近傍にはラジエータ 180 に送風するための冷風機 181 が設けられている。ラジエータ 180 及び冷風機 181 を加えたのは、前記第 2 の実施形態において高温側ケミカルヒートポンプで昇温して排熱していた排熱部分が無くなるので、その替わりの排熱部分を設けるためである。

【0153】燃料電池 1 には温度センサ 58 が設けられ、燃料電池 1 が作動温度になってから温度センサ 58 の検出値に基づいて制御部 C6 によりポンプ 52 は駆動される。また、水素化反応器 56 には温度センサ 59 が設けられ、温度センサ 59 の検出値に基づき制御部 C7 によりヒータ 60 が制御されることにより、水素化反応器 56 内が水素化反応温度 (約 200℃) となるように温度制御される。また、タンク 50 に接続された管路 70 の先端が循環管路 51 の水素化反応器 56 の上流側にて接続され、管路 70 上に設けられたコンプレッサ CP2 が、タンク 50 に設けられた圧力センサ (図示せず) の検出値に基づいて制御部 C6 により駆動されることによりタンク 50 の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【0154】次に水素供給 (生成) 系について説明する。水素供給系 HSS は、燃料タンク 10 から気液分離器 88 に至る系のみが第 2 の実施形態と構成が異なる。シクロヘキサン/ベンゼン系のケミカルヒートポンプに替え、脱水素反応系のみとなる。

【0155】燃料タンク 10 の燃料室 13 は管路 183 を通じて気液分離器 88 に接続され、管路 183 上にはポンプ 184、熱交換器 185、脱水素反応手段としての脱水素反応器 186、流量制御弁 (MFC) 187 および凝縮器 188 が設けられている。脱水素反応器 18

6は水素化反応器56と共に熱交換器を構成している。脱水素反応器186の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。脱水素反応器186ではシクロヘキサンの脱水素反応によってベンゼン及び水素が生成され、その顕熱は熱交換器185によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【0156】シクロヘキサン脱水素反応後のガスは、管路183上の途中に設けられた凝縮器188でベンゼン（沸点80℃）が液化され、気液分離器88には水素とベンゼンが気液分離される。

【0157】気液分離器88には水素分離膜91が設けられ、水素分離膜91を隔てた下流側の室には水素供給管路92が接続されている。気液分離器88からは水素分離膜91を通り抜けた純水素が水素供給管路92を通じて燃料電池1に排出される。水素供給管路92上には減圧弁93および流量制御弁（MFC）94が設けられている。制御部C6は発電要求指令があると、流量制御弁94を開弁させて要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁93は流量制御弁94の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0158】気液分離器88内の水素の圧力を検出する圧力センサ95の検出信号に基づき流量制御弁187は制御部C9により制御され、気液分離器88には水素が常時設定圧以上蓄えられるようになっている。また、気液分離器88と燃料タンク10の回収室14とを繋ぐように管路97が両者の間に接続されている。管路97上にはポンプ98が設けられている。気液分離器88にはベンゼン液量を検出する液面センサ99が設けられ、制御部C9は液面センサ99の検出信号に基づきポンプ98を駆動し、気液分離器88内のベンゼン液量が設定量を超えないようにベンゼンを燃料タンク10の回収室14へ送るようになっている。

【0159】ポンプ184は例えば流量制御弁187が開弁されるとほぼ同時に駆動される。すなわち、流量制御弁187が開弁されて気液分離器88へ供給される水素流出量を補うだけの水素を生成し得る量のシクロヘキサンを脱水素反応器186へ供給できる駆動速度でポンプ184は駆動される。なお、気液分離手段は、気液分離器88、凝縮器188、管路92、97、ポンプ98等により構成される。

【0160】この実施形態によれば、前記第2の実施形態と同様に（1）～（4）、（8）の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

（12）ケミカルヒートポンプが一段であるが、ラジエータ180は約200℃のガス温度を下げるためのものであるので、80℃の冷却水温を下げる従来構成に比べ排熱効率が高く、ラジエータ180を小型にすることができる。

【0161】（第7の実施形態）次に第7の実施形態を

図14に基づいて説明する。この実施形態は、燃料電池システムFCSを自動車に搭載した例であり、自動車に回収保管した回収液を再利用する燃料リサイクルシステムに関するものである。

【0162】図14に示すように、車両としての自動車200には燃料電池システムFCSが搭載されている。自動車200は燃料電池1が発電した電力により走行用電動モータ（図示せず）を駆動して走行する。自動車200に搭載された燃料タンク10の燃料室13内の燃料は走行することにより消費され、その回収室14には燃料の脱水素反応後の反応生成液（回収液）が回収され保管される。

【0163】給油スタンド210で給油するときには燃料タンク10に繋いだ給油ホース211及び排油ホース212を経由してポンプ213、214によって、燃料室13に燃料が給油されるとともに回収室14内の回収液が回収される。給油場所には給油スタンド210と管路215、216で接続された燃料タンク220及び反応生成液タンク230が設置され、給油ホース211が燃料タンク220に接続されるとともに、排油ホース212が反応生成液タンク230に接続されている。燃料タンク220及び反応生成液タンク230はそれぞれ管路217、218を通じて大型の水素化反応装置240に接続されている。水素化反応装置240は回収液を水素化反応させて燃料を再生する装置であって、その基本構造は前記第1～第3の各実施形態における水素供給システムと同様である。

【0164】よって、給油する際に自動車200の燃料タンク10から排油ホース212を経由してポンプ214によって反応生成液タンク230に回収された回収液は、管路218を通じて水素化反応装置240に送られる。そして、水素化反応装置240では回収液の水素化反応が行われて燃料が再生される。水素化反応装置240で再生された燃料は管路217を通じて燃料タンク220に送られ、給油時に燃料として管路215及び給油ホース211を通じて自動車200に給油される。なお、水素化反応装置240は必ずしも給油場所に設置されている必要はなく、例えば遠方に設置された水素化反応装置240と各タンク220、230がパイプラインを通じて接続されていてもよい。

【0165】この実施形態によれば次の効果が得られる。

（13）燃料電池システムFCSを搭載した自動車200がCO₂を排出しないとともに、自動車200から回収した回収液（反応生成液）を車外の水素化反応装置240により燃料に再生するリサイクルシステムを構築したときにもCO₂を排出しない構成が可能である。よって、燃料リサイクルの系においてCO₂を一切排出しない（但し、第4の実施形態では回収液を燃焼させたときの微量のCO₂は排出される）システムを提供できる。

10

20

30

40

50

【0166】（第8の実施形態）次に第8の実施形態を図15に基づいて説明する。本実施形態は、第1～第3及び第5の実施形態の燃料電池システムFCSを自動車に搭載した場合に燃料電池システムFCSを好適に制御する制御方法に関するもので、特に自動車が走行停止して発電の必要が無くなったときにも、余熱を利用してエネルギー収支の成り立つ範囲内で水素生成または排熱利用による発電を継続する制御を行う。

【0167】前記第7の実施形態のように自動車200に搭載された燃料電池システムFCSにおいてその制御ユニットMC（図14に示す）にはマイクロコンピュータが内蔵され、そのメモリには、中央処理装置（CPU）により実行される図15のフローチャートで示される余熱運転制御プログラムデータが記憶されている。また、制御ユニットには自動車200の車速センサ201と電気的に接続されている（図14に示す）。なお、制御ユニットMC、車速センサ201及び余熱運転に使用される各種機器により、余熱運転制御手段が構成される。

【0168】自動車200に設けられたスタートキーがオンされた運転状態において、自動車の電気系統で電力消費が検出されるなどして発電の必要があると判断されたときには、燃料電池システムFCSの発電が指令される。そして、車速センサなどにより走行停止が検出されて発電の必要が無くなったときにCPUは図15のプログラムを実行する。なお、前記第3の実施形態では発電機があるため余熱発電した電力をバッテリーに充電する。また、第1及び第2の実施形態では発電機を備えないので、余熱運転により水素の生成および燃料の再生を行う。

【0169】以下、図15のフローチャートに基づき余熱運転制御について説明する。まずステップ（以下、単にSと記す）10では、車両停止か否かを判断する。車両停止と判断されなければ当ルーチンを終了し、車両停止と判断されるとS20に進む。

【0170】S20では、燃料電池への水素供給を停止する。すなわち燃料電池への水素の供給を制御する流量制御弁（MFC）を閉弁させる。このとき温度制御用のヒータも全てオフにする。

【0171】次のS30では、燃料電池温度が設定温度以上であるか否かを判断する。すなわち、燃料電池1に設けられた温度センサ、あるいは燃料電池冷却系の水素化反応器に設けられた温度センサ、さらに水素生成系の脱水素反応器の温度を検出するための温度センサのうち少なくともいずれか1つからの入力値に基づいて、水素生成、燃料再生、排熱発電において余熱利用可能な温度域にあるかどうかを判断する。設定温度は余熱利用可能な温度域の下限温度に設定されている。ケミカルヒートポンプを多段に備える場合でも高温側ケミカルヒートポンプが発熱するかどうかは燃料電池1の廃熱温度次第な

ので、余熱利用可能であるかどうかは燃料電池1の温度をみれば分かる。そのため、高温側ケミカルヒートポンプに設けられた温度センサの検出値を使う場合も、その検出値に基づき燃料電池1の温度が余熱利用可能な温度であるかどうかを間接的に判断することになる。そして、燃料電池温度が設定温度以上であればS40に進み、燃料電池温度が設定温度以上でなければS50に進む。

【0172】S40では、水素供給システムの余熱運転を継続する制御をする。すなわち、燃料電池1の発電を停止した状態で、水素生成系、燃料再生系、排熱発電系のうち各実施形態に応じた所定の系の運転を継続させるように、燃料供給用のポンプや水素供給用の圧縮機などの必要な機器を制御する。

【0173】そして、燃料電池温度が設定温度未満になると、S50において、水素供給システムの運転を停止させる。なお、エネルギー収支が成り立たない温度範囲であっても、燃料電池1を冷却する必要があるときは少なくとも冷却系については別途運転を継続する。

【0174】よって、この実施形態によれば次の効果が得られる。

（14）自動車200が走行停止して発電を停止したときは、水素生成、燃料再生、排熱発電のうち各燃料電池システム構成に応じた少なくとも1つを、余熱を利用して継続運転させる。このため、余熱を利用して電力や電力の元となる水素や燃料を生成するので、余熱の有効利用により燃料電池システムFCSの発電効率を高めることができる。また、排熱発電や燃料の再生により燃料単位当たりの走行距離を延ばすことができる。

（第9の実施形態）次に第9の実施形態を図16、図17に基づいて説明する。

【0175】この実施形態は、第7の実施形態と同様、燃料のリサイクルシステムに関するもので、その燃料リサイクルに使用される各設備や輸送手段などの電源にも燃料電池が使用される。

【0176】自動車や自家発電装置などで使用済み燃料として保管された回収液（脱水素反応生成物）を、天然ガスや石油など資源が豊富で水素の製造コストが比較的安価な海外などに輸送し、海外で回収液を水素化することにより燃料を製造（再生）し、海外から国内に輸送したその燃料を、国内の自動車や自家発電装置などで使用する大規模なりサイクルシステムを構築する。

【0177】このリサイクルシステムは、図16、図17に示す主に9つに区分される。

①自動車200が走行する最終コース

②自動車200が給油をするための給油設備250のあるスタンド

③スタンドと港との間をタンクローリ260で輸送する陸上輸送

④回収液や燃料を一時ストックするための貯蔵設備27

0のある港

⑤タンカー 280 を使って回収液や燃料を輸送する海上輸送

⑥海外における天然ガスや石油などの天然資源の採掘

⑦採掘された天然資源を輸送するためのパイプライン

⑧天然資源の改質や発電所の電力による水の電気分解を使った水素生成工程

⑨タンカー 280 が運び入れた回収液から燃料を再生する水素化工程

自動車 200、液体運搬用移動体としてのタンクローリ 260 及びタンカー 280 はいずれも燃料電池システム（但し、ここではタンクを除く部分）202、261、281 を搭載し、燃料電池を電源とする電動アクチュエータ（図示絵せず）の動力により動く。また、給油設備 250、貯蔵設備 270 および燃料再生手段としての水素化設備 290 には燃料電池システム（但し、タンクを除く部分）251、271、291 が設置され、各設備 250、270、290 で必要な電力は燃料電池でまかなう。そして、タンクローリ 260、タンカー 280、給油設備 250、貯蔵設備 270 および水素化設備 290 に回収液と燃料の輸送や貯蔵を目的として配備されているタンク 262、282、252、272、292 には、燃料室 13 と回収室 14 が可動仕切 263、283、253、273、293 で区画された可動仕切りタンクが使用されている。各輸送用移動体 260、280 および各設備 250、270、290 に配備された燃料電池システム 261、281、251、271、291 は、タンク 262、282、252、272、292 の燃料室 13 に貯蔵された燃料の一部を発電に必要な水素生成用燃料として使用し、燃料使用後の回収液をタンク 262、282、252、272、292 の回収室 14 に保管する方式を採用する。すなわち、本来、燃料と回収液の輸送や貯蔵を目的として輸送用移動体 260、280 や設備 250、270、290 に備え付けられたタンク 262、282、252、272、292 中の燃料を、その輸送用移動体 260、280 や設備 250、270、290 に電源装置として配備された燃料電池システム 261、281、251、271、291 での発電に一部利用するとともに、その発電に利用された燃料の消費によって生成された反応生成物（回収液）をタンク 262、282、252、272、292 に保管する。つまり、輸送や貯蔵用の備え付けタンクを、燃料電池システム 261、281、251、271、291 の燃料タンクとして流用している。

【0178】自動車 200、輸送用移動体 260、280 および設備 250、270、290 に配備された燃料電池システム 261、281、251、271、291 は、自動車 200 以外のものが備え付けタンクを流用する構成を採る点を除き、前記各実施形態で述べたものと基本構成は同じである。

【0179】自動車 200 は燃料電池システム 202 と燃料タンク 10 を搭載する。燃料タンク 10 は例えばタンク 10 内が隔膜からなる可動仕切 203 によって二室 13、14 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 203 の変形によって二室 13、14 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。

【0180】給油設備 250 に設置された給油スタンド 210 は、地下に設置されたタンク 252 の二室 13、14 と配管を通じて接続された二組のポンプ 254、255、256、257 を備える。タンク 252 は例えば可動仕切 253 に隔膜を使用する隔膜式タンクである。自動車 200 に給油をするときは、給油ホース 211 を通じてタンク 252 の燃料室 13 から燃料が自動車 200 の燃料タンク 10 の燃料室 13 にポンプ 254 の駆動によって給油されるとともに、排油ホース 212 を通じて自動車 200 の燃料タンク 10 の回収室 14 の回収液がタンク 252 の回収室 14 にポンプ 255 の駆動によって回収される。また、燃料電池システム 251 はタンク 252 の二室 13、14 と配管を通じて接続されており、タンク 252 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 252 の回収室 14 に保管する。

【0181】タンクローリ 260 は、燃料電池システム 261 と液体運搬用タンクとしてのタンク 262 を搭載し、燃料電池システム 261 はタンク 262 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 262 の回収室 14 に保管する。タンク 262 は例えばタンク 262 内がピストンからなる可動仕切 263 によって二室 13、14 に区画されたピストン式タンクであって、可動仕切 263 の移動によって二室 13、14 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンクローリ 260 は給油設備 250 と貯蔵設備 270 との間を走行して燃料と回収液の陸上輸送を担当する。タンクローリ 260 が貯蔵設備 270 から給油設備 250 に輸送した燃料は、タンク 262 の燃料室 13 から給油ホース 258 を通じてポンプ 257 の駆動によってタンク 252 の燃料室 13 に供給されるとともに、タンク 252 の回収室 14 内の回収液がポンプ 256 の駆動によって排油ホース 259 を通じてタンク 262 の回収室 14 へ回収される。

【0182】貯蔵設備 270 は、タンク 272 と燃料電池システム 271 と、給油スタンド 274 と回収スタンド 275 とを備える。タンク 272 は例えば 2 つの伸縮式容器 272a、272b が上下二段に接合された構造で、その接合部分からなる可動仕切 273 によって二室 13、14 に区画された二段伸縮式タンクであって、可動仕切 273 の移動によって二室 13、14 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム 271 および各スタンド 274、275 は、タンク 272 の二室 13、14 と配管を通じて接続されている。燃

料電池システム 271 はタンク 272 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 272 の回収室 14 に保管する。

【0183】タンクローリ 260 が給油設備 250 から港へ運んだ回収液は、貯蔵設備 270 のタンク 272 の回収室 14 へポンプ 276 の駆動によって回収されるとともに、タンク 272 の燃料室 13 からポンプ 277 の駆動によってタンクローリ 260 の燃料室 13 へ燃料が給油されるようになっている。

【0184】タンカー 280 は、燃料電池システム 281 と液体運搬用タンクとしてのタンク 282 を搭載し、燃料電池システム 281 はタンク 282 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 282 の回収室 14 に保管する。タンク 282 は例えば隔膜からなる可動仕切 283 によって二室 13、14 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 283 の変形によって二室 13、14 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンカー 280 は貯蔵設備 270 のある港と、水素化設備 290 のある港との間を航行し、燃料と回収液の海上輸送を担当する。タンカー 280 が水素化設備 290 から貯蔵設備 270 に海上輸送した燃料は、タンク 282 の燃料室 13 から給油ホース 284 を通じてポンプ 278 の駆動によってタンク 272 の燃料室 13 に供給されるとともに、タンク 272 の回収室 14 内の回収液がポンプ 279 の駆動によって排油ホース 285 を通じてタンク 282 の回収室 14 へ回収される。

【0185】図 17 に示すように水素化設備 290 は、燃料電池システム 291 と、タンク 292 と、水素化装置 294 と給油スタンド 295 とを備える。タンク 292 は例えば隔膜からなる可動仕切 293 によって二室 13、14 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 293 の変形によって二室 13、14 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム 291、水素化装置 294 および給油スタンド 295 は、タンク 292 の二室 13、14 と配管を通じて接続されている。タンカー 280 が貯蔵設備 270 から水素化設備 290 へ海上輸送した回収液は、タンク 282 の回収室 14 から給油ホース 296 を通じてポンプ 297 の駆動によってタンク 292 の回収室 14 に回収されるとともに、タンク 292 の燃料室 13 内の燃料がポンプ 298 の駆動によって排油ホース 299 を通じてタンク 282 の燃料室 13 へ供給される。

【0186】水素化装置 294 は水素化反応器を備えた設備で、タンク 292 の回収室 14 に貯蔵された回収液（脱水素反応生成物）の水素化反応によって燃料を再生する。水素化反応により生成された燃料はタンク 292 の燃料室 13 に保管される。燃料電池システム 291 はタンク 292 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2

92 の回収室 14 に保管する。

【0187】水素化装置 294 に水素を供給する設備には、メタンやメタノールの改質（例えば水蒸気改質）により水素を生成する改質装置 300 や、原子力発電所 310 の電力を利用して水の電気分解により水素を製造する電気分解装置 320 などがある。採掘機 330 により採掘された天然ガスや石油から精製装置（プラント）340 により精製されたメタンやメタノールはパイプライン 350 を通じて港近くのタンク 360 へパイプ輸送される。そして改質装置 300 ではタンク 360 から供給されるメタンやメタノールを原料に使ってそれを改質することによって水素を製造する。

【0188】よって、この燃料のリサイクルシステムによれば、国内を走行する自動車 200 が燃料の消費によって燃料タンク 10 に回収保管した回収液を、給油設備 250 に回収する。そして給油設備 250 に回収した回収液を、タンクローリ 260 を利用した陸上輸送、およびタンカー 280 を利用した海上輸送により海外など水素の製造コストが比較的安価な場所まで輸送し、その輸送先で天然資源から比較的安価に製造された水素を使って水素化設備 290 により回収液から燃料を再生する。

【0189】そして、陸上輸送や海上輸送に輸送用移動体として使用されるタンクローリ 260 やタンカー 280 も、燃料電池システム 261、281 を電源として電動アクチュエータの動力によって動き、しかも輸送用のタンク 262、282 に貯蔵された燃料を使って発電をするとともに、燃料使用済みの回収液をタンク 262、282 に回収する。

【0190】また、各設備 250、270、290 では、設備に必要な電力をタンク 252、272、292 に貯蔵された燃料を使った燃料電池システム 251、271、291 による発電によってまかなうとともに、発電のため消費した燃料の使用済みの回収液はタンク 252、272、292 に保管される。例えばポンプ類や照明などに必要な電力は全て燃料電池システム 251、271、291 の発電によりまかなわれる。

【0191】以上詳述したように本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

（15）燃料リサイクルのための輸送に使用されるタンクローリ 260 やタンカー 280 は搭載した燃料電池システム 261、281 による発電により駆動し、しかも輸送用のタンク 262、282 に貯蔵された燃料の一部を使用して発電するとともに、燃料の消費によって生成された回収液をタンク 262、282 に回収保管する。よって、輸送（運搬）用のタンク 262、282 を流用し、燃料電池システム 261、281 のための専用タンクを備えないので、小型化を図ることができる。また、タンク 262、282 は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク 262、282 を小型にすることができ、しかも二室に区画する割に多量

の燃料や回収液を運搬することができる。

【0192】(16) 設備 250, 270, 290 に設置されたタンク 252, 272, 292 に貯蔵された燃料を使って燃料電池システム 251, 271, 291 による発電を行って設備 250, 270, 290 において照明等の必要な電力をまかなうとともに、燃料の消費によって生成された回収液をタンク 252, 272, 292 に回収保管する。よって、貯蔵用のタンク 252, 272, 292 を流用し、燃料電池システム 251, 271, 291 のための専用タンクを備えないので、設備 250, 270, 290 に自家発電装置を採用した場合に小型化を図ることができる。また、タンク 252, 272, 292 は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク 252, 272, 292 を小型にすることができる。

【0193】(17) 燃料リサイクルシステムにおいて必要な電力は全て燃料の脱水素反応を利用した燃料電池システム FCS を使用し、回収液から燃料を再生するのに使用する水素の生成のための設備においても炭酸ガスを排出しないシステムを採用することも可能で、リサイクルシステム全体において炭酸ガスを排出しない環境に好ましいシステムを提供できる。

【0194】なお、実施形態は上記に限定されず、例えば次の形態でも実施できる。

○ 燃料タンクの構成は、前記各実施形態に限定されない。例えば図 16 に示す燃料タンク 410 は、2つの伸縮式容器 411, 412 を上下二段に配置して接合させた構成をとる。2つの伸縮式容器 411, 412 の各内部に燃料室 13 と回収室 14 が形成される。2つの伸縮式容器 411, 412 の接合部 413 が可動仕切となる。回収室 14 の液体はチューブ 414 を通じて排出される。

【0195】また図 17 に示す燃料タンク 420 は、タンク 421 の内部にピストン 422 をその外周面がシール部材 423 により液密状態にシールされた状態で移動可能に収容し、ピストン 422 の両側にできる二室を燃料室 13 と回収室 14 とする。ピストン 422 が可動仕切となる。これらの構成によれば、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように可動仕切としての接合部 413 やピストン 422 が自律的に移動するので、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、その貯蔵容積が小さく済む。なお、燃料タンク 410, 420 は、燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段をそれぞれ構成する。接合部 413、ピストン 422 は可動仕切をそれぞれ構成する。

【0196】○ 燃料として使用する有機系化合物は、上記各実施形態に限定されない。脱水素反応を起こす含水素有機系化合物を広く使用できる。また、燃料及び回収液(反応生成物)は常温で液体であることが好ましいが、必ずしも常温で液体である必要はない。例えば常温

で固体であっても例えば 100℃ 以下の温度での加温により液体になったり、常温で気体であっても例えば -10℃ 以上の温度での冷却により液体になるものであってもよい。例えばアルコール類で脱水素反応によりケトン類と水素に分離するもの、飽和炭化水素で脱水素反応により不飽和炭化水素と水素に分離するもの、環状飽和炭化水素類で脱水素反応により芳香族炭化水素等の環状不飽和炭化水素と水素に分離するものなどが挙げられる。

【0197】○ 第 1～第 3 の実施形態では、第 2 のケミカルヒートポンプを構築したが、水素化反応器を無くし、第 2 のケミカルヒートポンプでない構成を採ることもできる。燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源に利用することはできる。

【0198】○ 第 1, 第 2 の実施形態のように第 2 のケミカルヒートポンプを構築するシステムにおいては、排熱手段はラジエータ構造に限らず、発電手段を採用することができる。例えば発電用熱機関を駆動するのに必要な水蒸気を作ることができる温度まで昇温可能であれば、熱機関式の発電機を使用し、比較的低温(例えば 200℃ 以下)の昇温しかできない場合は、熱発電素子を使用するとよい。

【0199】○ 排熱利用の熱機関の動力は発電以外の利用も可能である。例えば補器の駆動などに利用してもよい。

○ 各実施形態において、水素をタンク内に蓄えるのに替えて、水素吸蔵合金を使用することもできる。水素吸蔵合金は燃料から分離した水素を一時保管するために蓄えるだけなので少量で済み、システムの重量負担にならない。

【0200】○ 燃料の脱水素反応温度まで昇温させるのに使う第 1 のケミカルヒートポンプは、炭化水素系化合物を使用するものに限定されない。また、水素化脱水素反応系のものにも限定されない。ケミカルヒートポンプを構成できる公知の他の化合物を使用できる。但し、流体系のケミカルヒートポンプが好ましい。

【0201】○ 燃料電池の廃熱をケミカルヒートポンプによって燃料の脱水素反応温度まで昇温できない場合は、残りの昇温のために機械式ヒートポンプやヒータを併用してもよい。

【0202】○ ケミカルヒートポンプの段数は 1 段や 2 段に限定されない。3 段以上の複数段にケミカルヒートポンプを構築することができる。例えば 3 段以上のケミカルヒートポンプを構築する場合、燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプは最高温度段である必要は必ずしもない。例えば燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプに対しさらに高温側のケミカルヒートポンプを構築し、例えば排熱の有効利用を図ってもよい。

【0203】○ 第 4 の実施形態において、燃料をシクロヘキサンやメチルシクロヘキサンとし、回収液のベン

10

20

30

40

50

ゼンやトルエンをバーナで燃料させてその燃焼熱を脱水素反応器の熱源とすることもできる。バーナによる脱水素反応器の加熱温度はこの種の燃料の脱水素反応温度（約200℃）に設定する。

【0204】○ 前記各実施形態において脱水素反応器を燃料電池に組み込んだが、脱水素反応器は燃料電池の外部に設けてもよい。

○ 各実施形態では、燃料の消費による燃料の増量と回収液の減量とをバランスさせるように自律的に移動する可動仕切によって燃料室と回収室とに区画された燃料タンクを使用した。伸縮式容器内蔵式（図3）、隔膜式（図11）、伸縮式容器二段式（図16）、ピストン式（図17）以外の構造をとるものであってもよい。また自律式ではなく他律的に可動仕切が移動制御されるものであってもよい。さらに燃料を貯蔵保管するタンクと回収液を貯蔵保管するタンクを別個に設けた構成でも構わない。また、タンクローリ260やタンカー280に搭載される輸送用（運搬用）のタンク262、282内の二室の容積変化は、自律式の可動仕切によるものに限定されず、例えば電動式の可動仕切によるものであっても構わない。

【0205】○ 燃料電池システムは車両電源用や家庭用自家発電装置用の用途に限定されない。燃料電池が使用されるあらゆるものを対象に水素供給システムを採用できる。

【0206】前記実施形態及び別例から把握できる請求項以外の技術的思想を、以下に記載する。

（1）請求項1～15のいずれかにおいて、前記燃料は、常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなり、前記反応生成物は常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなる。

【0207】（2）請求項12において、前記発電手段は熱発電素子である。低温の廃熱を利用して発電できる。

（3）請求項1～15のいずれか一項の水素供給システムを搭載した車両。

【0208】（4）請求項1～15のいずれか一項の水素供給システムを備えた自家発電装置。

【0209】

【発明の効果】以上詳述したように請求項1に記載の発明によれば、燃料の脱水素反応で得た水素を燃料電池に供給するとともに、反応生成物を液体で回収保管するので、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供することができる。

【0210】請求項2及び3に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明の効果に加え、燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させるため、

回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵容積を比較的小さくすることができる。

【0211】請求項4に記載の発明によれば、請求項1～3のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱を、脱水素反応器の熱源あるいは低温起動時の補助熱源に利用するので、回収液を有効利用できる。

【0212】請求項5に記載の発明によれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応の熱源に利用するので、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応に有効利用できるとともに、脱水素反応の吸熱によって燃料電池の排熱効率を高めることができる。

【0213】請求項6に記載の発明によれば、請求項5に記載の発明の効果に加え、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合でも、少なくとも一段設けられた第1のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源として利用することができる。

【0214】請求項7に記載の発明によれば、請求項5又は6に記載の発明の効果に加え、脱水素水素化反応系の第2のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温されてから高温で排熱されるので、その排熱効率を高められるとともに、反応生成物から燃料を再生して燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0215】請求項8に記載の発明によれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温してから高温で排熱されるので、排熱効率を高めることができる。例えば排熱手段としてラジエータを使用する構成では、ラジエータを小型化することができる。

【0216】請求項9に記載の発明によれば、請求項8に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させ、廃熱効果を高めることができるとともに、ケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料を再生でき、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0217】請求項10に記載の発明によれば、請求項6～9のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプの吸熱反応手段が前記燃料電池に内蔵されているので、燃料電池の冷却効果を高めることができる。

【0218】請求項11に記載の発明によれば、請求項10に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段はその反応通路がセパレータの燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータと一体的に設けられているので、燃

料電池に比較的コンパクトに内蔵できるとともに燃料電池からの吸熱効率を高めることもできる。

【0219】請求項12及び13に記載の発明によれば、請求項7～11のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をするので、燃料単位当たりの発電効果を高めることができる。

【0220】請求項14に記載の発明によれば、請求項13に記載の発明の効果に加え、熱機関がスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率を得ることができる。

【0221】請求項15に記載の発明によれば、請求項7、10～14のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、車載用として使用した場合、走行終了後、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転するので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0222】請求項16及び17に記載の発明によれば、燃料電池用水素供給システムから外部へ回収した回収液を運搬し、運搬先で回収液の水素化反応により再生した燃料を運搬し、燃料電池用水素供給システムで利用する燃料リサイクル方法なので、水素製造工程に炭酸ガスを発生しない方法を採用すれば、燃料リサイクルの過程においても炭酸ガスをまったく排出しないシステムを構築できる。

【0223】請求項18に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する構造なので、液体運搬用タンクを運搬すべき液量の割に小型にすることができる。

【0224】請求項19に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される給油設備が備えるタンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する構造なので、タンクを貯蔵すべき液量の割に小型にすることができる。

【0225】請求項20に記載の発明によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクの二室は、水素生成用の燃料と回収液の貯蔵室を兼ねるので、燃料電池用水素供給システム専用のタンクを廃止でき、しかもその二室の容積が可動仕切によって変化するので、タンクを二室に区画する割に燃料と回収液を多量に運搬することができる。

【0226】請求項21に記載の発明によれば、車両に回収保管された回収液を、車外での水素化反応により燃料に再生してリサイクル使用するので、炭酸ガスをまったく排出しない燃料のリサイクルシステムを構築することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図2】 燃料電池のセルを示す分解斜視図。

【図3】 燃料タンクの側断面図。

【図4】 第2の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図5】 燃料電池のセルを示す模式側面図。

【図6】 脱水素反応器の模式平面図。

【図7】 図5と異なる燃料電池のセルを示す模式側面図。

【図8】 脱水素反応器を構成するセパレータ部品の模式平面図。

【図9】 第3の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図10】 第4の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図11】 燃料タンクの側断面図。

【図12】 第5の実施形態における熱発電素子を示す模式側面図。

【図13】 第6の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図14】 第7の実施形態における燃料電池システムの燃料リサイクルシステムを示す模式図。

【図15】 第8の実施形態における余熱運転制御を示すフローチャート。

【図16】 第9の実施形態における燃料リサイクルシステムの部分模式図。

【図17】 同じく燃料リサイクルシステムの部分模式図。

【図18】 別例の燃料タンクの側断面図。

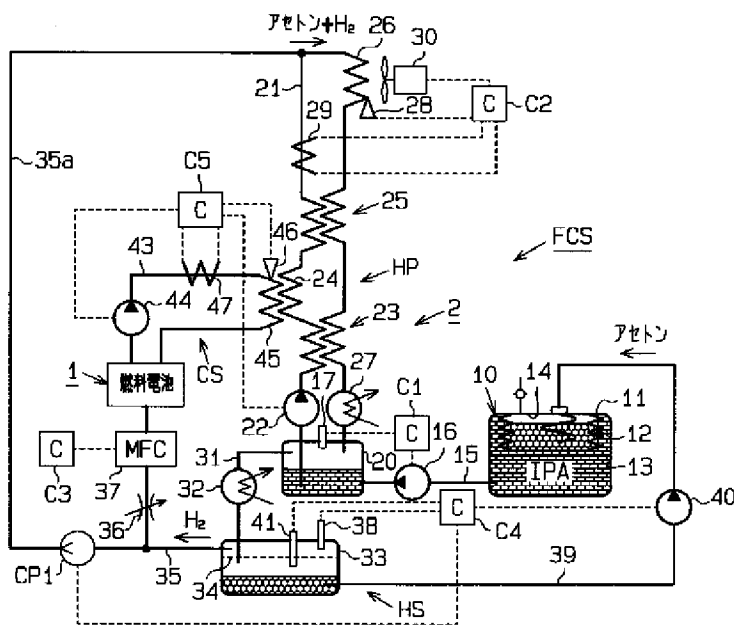
【図19】 図18と異なる別例の燃料タンクの側断面図。

【符号の説明】

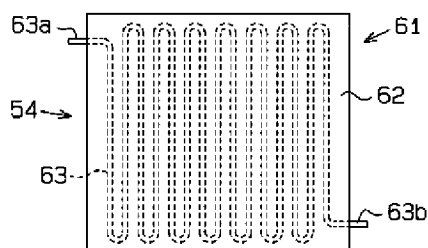
1…燃料電池、2…水素供給システム、3…セパレータ、3a、3b、3c、3d…セパレータを構成するセパレータ部品、10…燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、12…可動仕切としての伸縮式容器、24、77、106、145、186…脱水素反応手段としての脱水素反応器、20…気液分離手段を構成する補助タンク、27、32…気液分離手段を構成する凝縮器、34…気液分離手段を構成する水素分離膜、54…吸熱反応手段としての脱水素反応器、63…反応通路としてのチューブ、69…反応通路としての反応管路、87、92、97…気液分離手段を構成する管路、90…気液分離手段を構成する凝縮器、88…気液分離手段を構成する気液分離器、91…気液分離手段を構成する水素分離膜、98…気液分離手段を構成するポンプ、110、120…気液分離手段を構成する凝縮器、108…気液分離手段を構成する気液分離器、101…気液分離手段を構成する補助タンク、110…気液分離

手段を構成する水素分離膜、111、126…気液分離手段を構成する管路、128…気液分離手段を構成するポンプ、117…排熱手段及び発電手段を構成する水素化反応器、130…排熱手段及び発電手段を構成するタンク、131…排熱手段及び発電手段を構成する循環管路、132…排熱手段及び発電手段を構成するポンプ、133…排熱手段及び発電手段を構成する水蒸気発生器、134…排熱手段及び発電手段を構成するスクロール式膨張機、135…排熱手段及び発電手段を構成する凝縮器、134…排熱手段及び発電手段を構成するとともに熱機関としてのスクロール式膨張機、136…排熱手段及び発電手段を構成する発電機、140…気液分離手段を構成する燃料タンク、146、153…気液分離手段を構成する凝縮器、147、152…気液分離手段を構成する気液分離器、151、152、156…気液分離手段を構成する管路、155…気液分離手段を構成する水素分離膜、161…燃焼手段としてのバーナ、171…発電手段としての熱発電素子、88…気液分離手段を構成する気液分離器、188…気液分離手段を構成する凝縮器、92、97…気液分離手段を構成する管 *20

【図1】

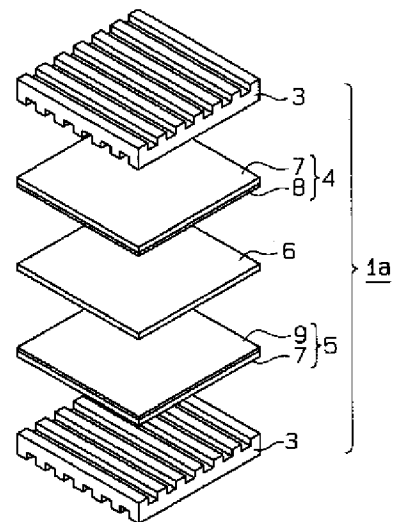


【図6】

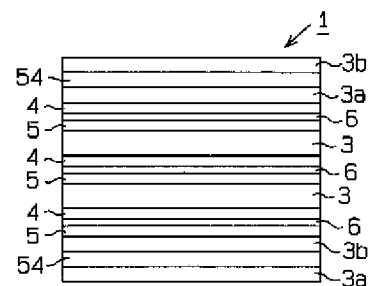


*路、98…気液分離手段を構成するポンプ、200…燃料リサイクルシステムを構成する自動車、210…燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する給油スタンド、220…燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する燃料タンク、230…燃料リサイクルシステムを構成するとともに車外回収手段としての反応生成液タンク、240…燃料リサイクルシステムを構成するとともに燃料再生手段としての水素化反応装置、250…給油設備、252…タンク、260…液体運搬用移動体としてのタンクローリ、262…液体運搬用タンクとしてのタンク、280…液体運搬用移動体としてのタンカー、282…液体運搬用タンクとしてのタンク、290…燃料再生手段としての水素化設備、251、261、271、281、291…燃料電池システム、272、292…タンク、140、410、420…燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、142…可動仕切としての隔膜、413…可動仕切としての接合部、422…可動仕切としてのピストン、FCS…燃料電池システム。

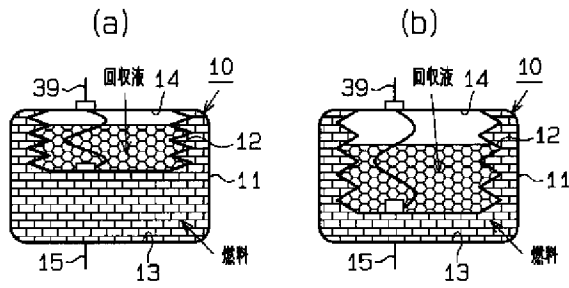
【図2】



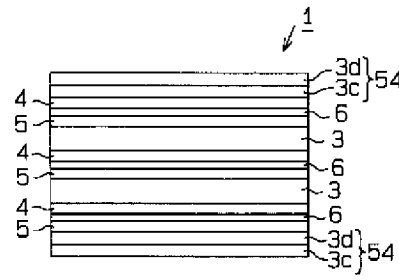
【図5】



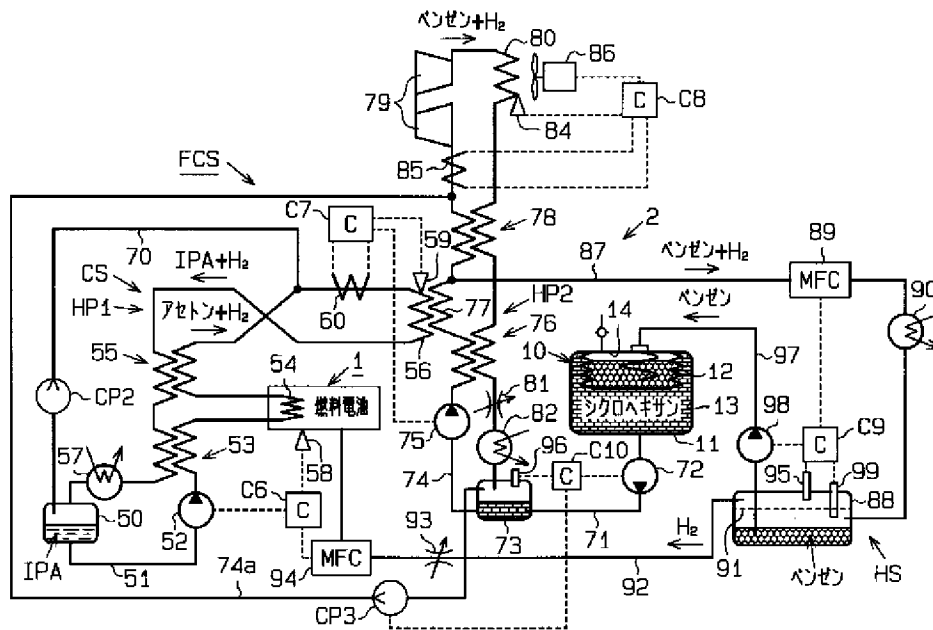
【図3】



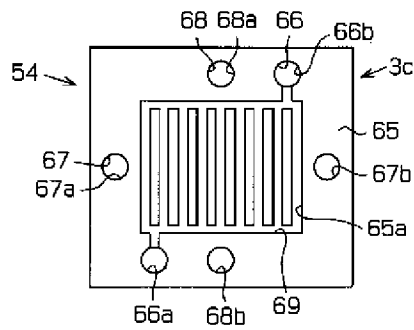
【図7】



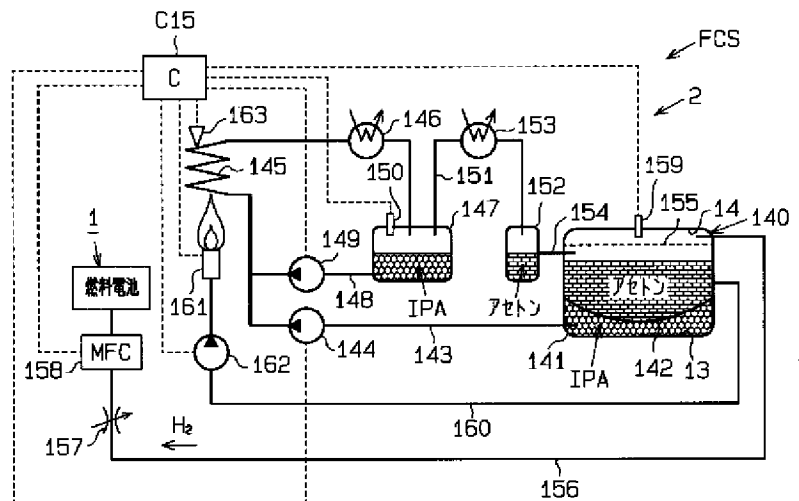
【図4】



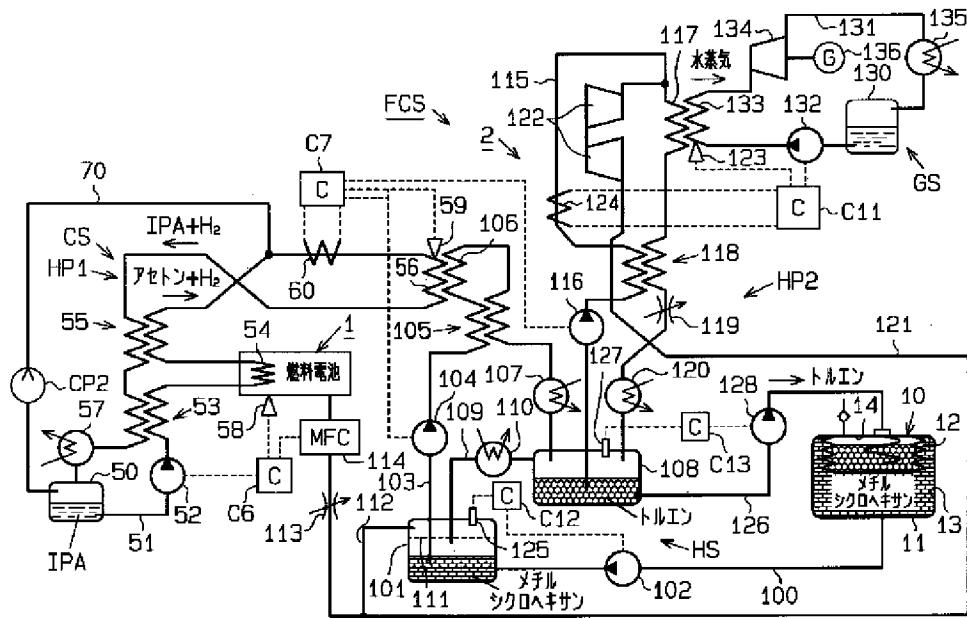
【図8】



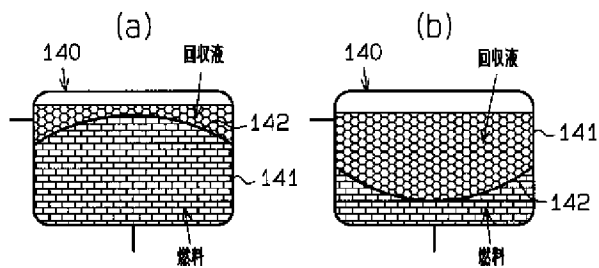
【図10】



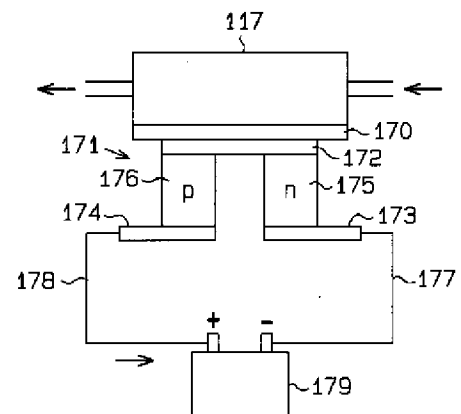
【図9】



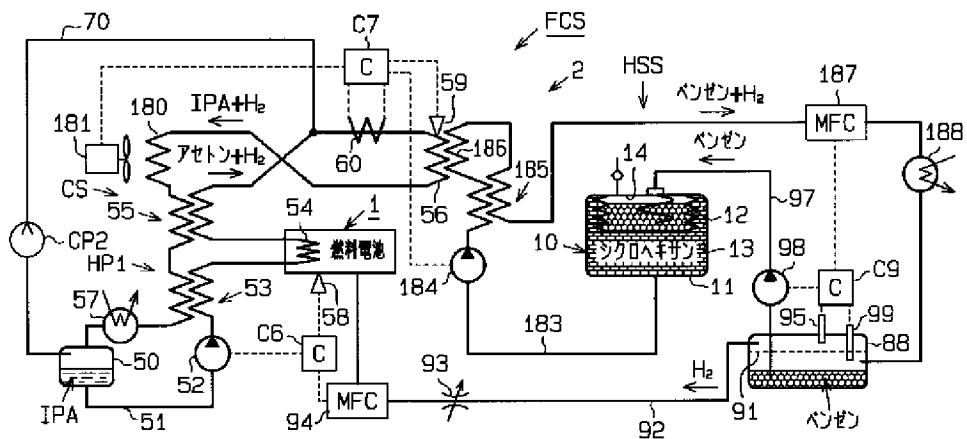
【図11】



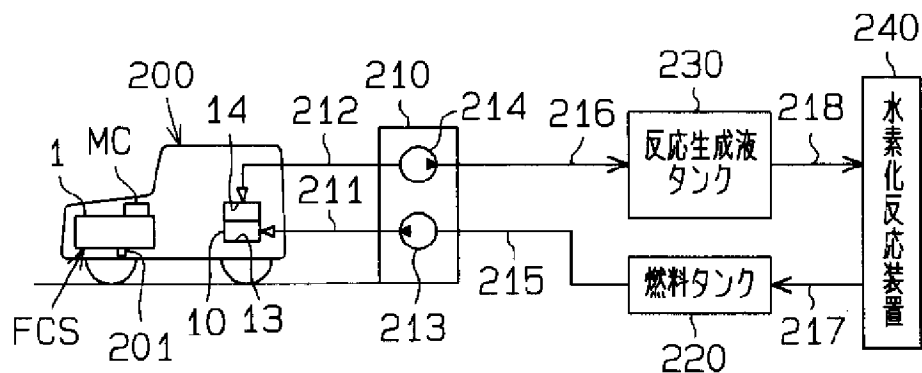
【図12】



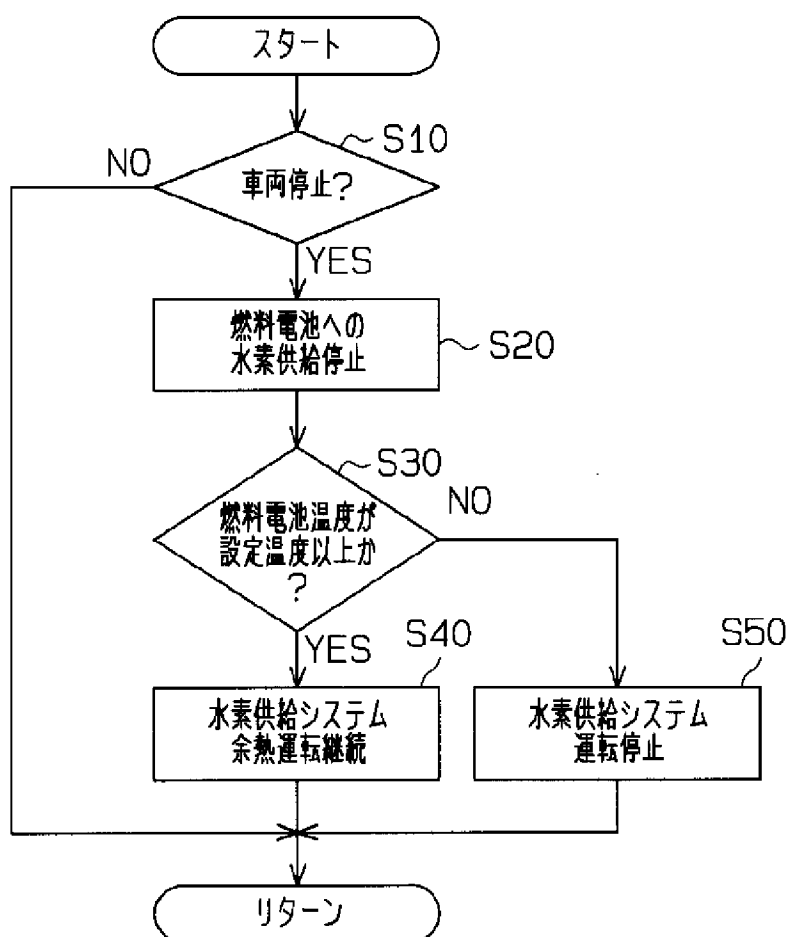
【図13】



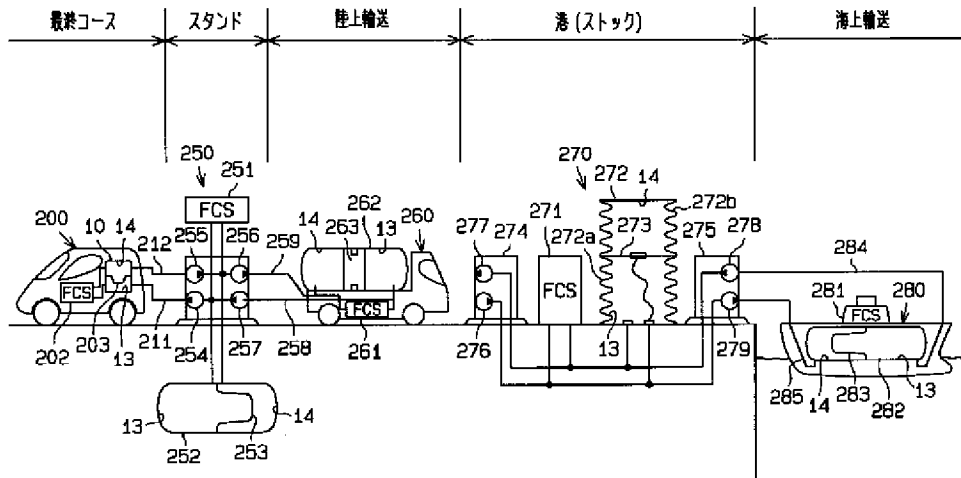
【図14】



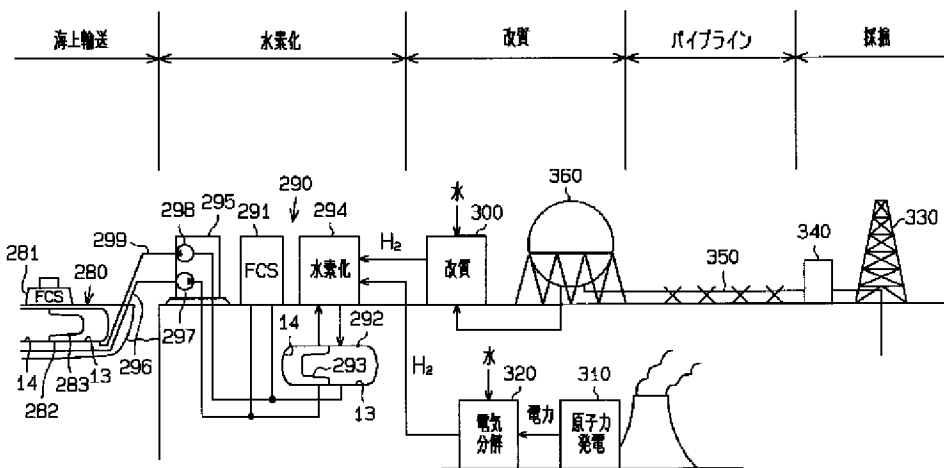
【図15】



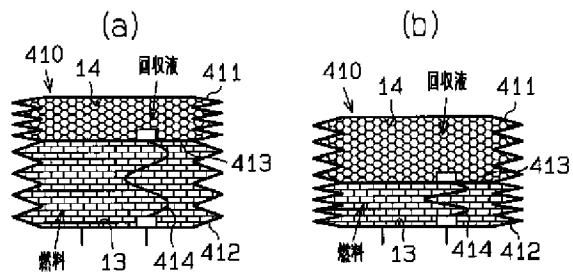
【図16】



【図17】



【図18】



【図19】

